T.C.
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI

MOTORLU ARAÇLAR TEKNOLOJİSİ

DOĞAL GAZ YAKIT SİSTEMLERİ

Ankara, 2014

- Bu modül, mesleki ve teknik eğitim okul/kurumlarında uygulanan Çerçeve Öğretim Programlarında yer alan yeterlikleri kazandırmaya yönelik olarak öğrencilere rehberlik etmek amacıyla hazırlanmış bireysel öğrenme materyalidir.
- Millî Eğitim Bakanlığınca ücretsiz olarak verilmiştir.
- PARA İLE SATILMAZ.

İÇİNDEKİLER

AÇIKLAMALAR iv
GİRİŞ 1
ÖĞRENME FAALİYETİ–1 3
1. DOĞAL GAZ (CNG)YAKIT SİSTEMLERİ 3
1.1. Tanımı 3
1.2. Doğal Gazın Özellikleri 4
1.3. Araç Tiplerine Göre Özellikleri 7
1.4. Doğal Gaz (CNG)'nin Depolanması 14
1.5. Doğal Gazlı Motorun Çalışma Prensibi 16
1.6. Doğal Gaz (CNG) Yakıt Sisteminin Avantaj ve Dezavantajları 19
1.7. Doğal Gaz (CNG) Yakıt Sisteminde Emniyet Kuralları ve Güvenlik 20
1.8. Doğal Gaz (CNG) Yakıt Sistemi İçin Yasal Düzenlemeler 21
1.9. Doğalgaz (CNG) Kullanım Alanları 21
1.10. Doğal Gaz Yakıt Sisteminin Elemanları 23
1.10.1. Dolum Sistemi (Dolum Ağzı) 25
1.10.2. CNG Yakıt Tankları (Tüpleri) 26
1.10.3. CNG Yakıt Tankı Multi Valfi 31
1.10.5. Tüplere Gazı Bağlayan Manifold 33
1.10.6. Manifold Üzerinde Basınç Sensörü 33
1.10.7. Elektrik Bağlantı Kutusu 33
1.10.8. Yüksek Basınç Boruları 34
1.10.9. Yüksek Basınç Sensörü (Şamandıra) 34
1.10.10. Borulama ve Aksesuarları 35
1.10.11. CNG Regülatörü 36
1.10.12. Alçak Basınç Borusu ve Esnek Hortum 39
1.10.13. Yakıt Seçme Anahtarı ve Elektrik Bağlantıları 39
1.10.14. Benzin Kesici Elektro Valfi 40
1.10.15. Elektronik Kontrol Ünitesi (ECU) 40
1.10.16. CNG Enjektörü ve Rail 41
1.11. Doğal Gaz (CNG)Yakıt Sistemleri Montaj Yönetmeliği 42
1.12. Doğal Gazlı (CNG)Yakıt Sisteminin Montajının Yapılışı 43
1.13. Montajda Dikkat Edilecek Hususlar 44
1.14. Montajdan Sonra Yapılan Kontrol ve Ayarlar 45
UYGULAMA FAALİYETİ 46
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 52
ÖĞRENME FAALİYETİ–2 54
2. DOĞAL GAZ (CNG) YAKIT SİSTEMLERİNİN AYARLARI 54
2.1. Doğal gaz (CNG) Yakıt Sistemlerinin Arızaları ve Belirtileri 54
2.2. Doğal Gaz (CNG) Yakıt Sistemleri Kontrolleri 60
2.3. Doğal Gaz (CNG) Yakıt Sistemlerinin Egzoz Emisyonları 61
2.4. Doğal Gaz (CNG) Yakıt Sistemlerinin Bakım ve Ayarları 63
2.4.1. Ayar Cihazının Motora Bağlanması 63
2.4.2. Ayarın Yapılması 64
2.4.3. Emniyet kuralları 65
UYGULAMA FAALİYETİ 66

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 68
MODÜL DEĞERLENDİRME 70
CEVAP ANAHTARLARI 72
KAYNAKÇA 73

AÇIKLAMALAR

ALAN	**Motorlu Araçlar Teknolojisi**
DAL/MESLEK	**Otomotiv Elektromekanik**
MODÜLÜN ADI	**Doğal Gaz Yakıt Sistemleri**
MODÜLÜN TANIMI	Motorlu araçlarda doğalgazlı yakıt sistemlerinin montajı, kontrolleri, bakım ve onarımı ile ilgili yeterliliklerin kazandırıldığı öğrenme materyalidir.
SÜRE	**40/16**
ÖN KOŞUL	Bu modülün ön koşulu yoktur.
YETERLİK	Araçlarda kullanılan doğal gazlı (CNG) yakıt sistemlerin çalışma prensiplerini kavramak, montajını, bakımını, onarımını ve ayarlarını yapmak.
MODÜLÜN AMACI	**Genel Amaç** Araçlarda kullanılan doğal gazlı (CNG) yakıt sistemlerin çalışma prensiplerini kavrayabilecek, montajını, bakımını, onarımını ve ayarlarını yapabileceksiniz. **Amaçlar** **1.** Doğal gazlı (CNG) yakıt sisteminin montajını yapabileceksiniz. **2.** Doğal gazlı (CNG) yakıt sisteminin ayarlarını yapabileceksiniz.
EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI	**Ortam:** Teknolojisi sınıfı ve atölye **Donanım:** Atölye, kontrol cihazları, test cihazları, sökme-takma takımları, bilgisayar, projeksiyon cihazı, çeşitli görsel malzemeler
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	Modül içinde yer alan her öğrenme faaliyetinden sonra verilen ölçme araçları ile kendinizi değerlendireceksiniz. Öğretmen, modül sonunda ölçme aracı (çoktan seçmeli test, doğru-yanlış testi, boşluk doldurma, eşleştirme vb.) kullanarak modül uygulamaları ile kazandığınız bilgi ve becerileri ölçerek sizi değerlendirecektir.

GİRİŞ

Sevgili Öğrenci,

Günümüzde, modern toplumların ekonomilerinin ve büyümelerinin temelini oluşturan sanayileşme, sağladığı yararların yanı sıra çözüm bekleyen pek çok problemi de beraberinde getirmektedir. Hızla ilerleyen teknolojiyle birlikte artan çevre kirliliği ve oluşan sera etkisi tüm canlı hayatı tehdit etmeye başlamış ve bu hızla devam etmesi hâlinde dünyamız yaşanamayacak bir gezegen hâline gelecektir. Çevre kirliliğine karşı yeni alınan önlemler ve petrol türevi yakıt kaynaklarının hızla tükenmesi, otomotiv alanındaki firmaları alternatif motor ve yakıt arayışına yönlendirmiştir. Üreticiler bu kapsamda yıllardır sürdürdükleri araştırmalarını artırarak, alternatif yakıtlara yönelmişler ve üretimlerini bu duruma göre planlamışlardır.

Doğal gazın taşıtlarda benzin ve motorine göre düşük emisyonlu bir alternatif olarak yaygınlaşması özellikle son senelerde dikkat çekmektedir. Birçok ülkede zengin doğal gaz kaynaklarının olması ve birçok ülkeye de boru hatları ile yaygınlaştırılmasına rağmen taşıtlarda yakıt olarak kullanılması, diğer uygulamalarına göre biraz yavaş kalmıştır. Son senelerde ise gerek doğalgazın yaygınlaşması, gerekse ekonomik ve çevresel faktörlerin tercihi, taşıtlarda doğalgaz kullanımını bir alternatif olarak gündeme getirmiştir.

Araçlarda doğal gaz kullanımının 50 yıldan daha fazla bir geçmişi vardır. Geçmişten bir örnek vermek gerekirse örneğin Fransa'da Lacq gaz üretim bölgesinde 1950'li yıllarda yaklaşık 10.000 araç doğal gazla çalıştırılmıştır. Son yıllarda araçlarda doğal gaz kullanımı hızla yaygınlaşmaktadır.

Sıkıştırılmış doğal gaz (CNG- Compressed Natural Gas) politikasına sahip ülkeler çevre, sağlık, petrol politikası, ekonomik nedenler, kamu sağlığı, halk güvenliği gibi faktörler ile teşvik politikası oluşturmaktadır.

Ayrıca dünyada petrol kaynaklarının giderek azalmasından dolayı insanlar enerji ihtiyacı için alternatif yakıtlara yönelmektedir.

ABD, çevre etkileri ve petrole alternatif olduğu için; İran, yüksek petrol fiyatlarından kazanç sağlamak için; AB ülkeleri AB genel politikası olarak; Arjantin, Brezilya ve Pakistan, petrol fiyatlarına karşı önlem olarak CNG'yi tercih etmişlerdir.

AB 2003 yılında 2020 yılına kadar yakıt politikasını saptamıştır. Hedefe ulaşmak için ülkeler arasında farklı teşvikler uygulanmaktadır. AB, otomotiv üreticilerine de hedefler koymuştur.

Teknolojinin giderek ilerlemesi ile yeni teknolojilerin ve alternatif yakıtların içten yanmalı motorlarda kullanımı son 20 yıldan bu yana giderek artmıştır.

CNG yakıtının diğer petrol ürünlerinden ucuz olması ve çevreyi daha az kirletici etkisi uzun yıllar kullanılmaya devam edeceğini göstermektedir.

Bu modül sonunda edineceğiniz bilgi ve beceriler ile araçlarda CNG yakıt sistemlerinin montaj, bakım ve onarımlarını yapabileceksiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ–1

AMAÇ

Doğal gazlı (CNG) yakıt sisteminin montajını yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Doğal gazlı (CNG) motorlu araçların kullanım avantajları nelerdir?
- Doğal gazlı (CNG) yakıt sistemi hangi tür araçlara uygulanabilir?
- Doğal gazlı (CNG) yakıt sistemi elemanları nelerdir?
- Doğal gazlı (CNG) yakıt sisteminin montajı nasıl yapılır?

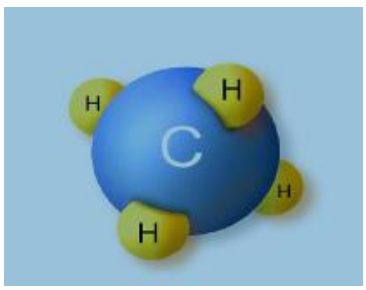
1. DOĞAL GAZ (CNG)YAKIT SİSTEMLERİ

1.1. Tanımı

Doğal gaz (NG- Natural Gas), 200 milyon yıl önce yaşamış olan küçük bitki ve deniz canlılarının çürümüş artıklarından oluşmuş ve yeryüzünde alt katmanlarda bulunan ağırlıklı Metan (CH4) olmak üzere çeşitli hidrokarbonlardan meydana gelen yanıcı bir gaz karışımıdır.

Doğal gazın büyük bölümünü %90-96 CH_4 (metan) gazı oluşturmaktadır. Geri kalan bölümünü ise %2.411 C_2H_6 (etan), %0.736 C_3H_6 (propan), %0.371 C_4H_{10} (bütan), %0.776 N_2 (azot), %0.164 C_5H_{12} (pentan) ve % 0.085 CO_2 (karbondioksit) oluşturmaktadır.

Metan'ın (CH_4) bilinen en basit hidrokarbon yapısı olması, doğal gazın yanma verimini artıran en büyük etkendir.



Şekil 1.1: Metan

Doğal gaz (NG) iki farklı şekilde kullanılmaktadır.

- **Sıvılaştırılmış doğal gaz (LNG):**

Doğal gaz, atmosfer basıncında -162°C'a kadar soğutulduğunda yoğuşarak sıvı faza geçmekte ve "Sıvı Doğal Gaz" (LNG-Liquified Natural Gas) olarak adlandırılmaktadır.

LNG, kokusuz, renksiz ve zehirli olmayan, sıvı fazda bir yakıttır. Sıvı fazında taşınmakta ve depolanmaktadır. Tüketime, gaz fazında sunulmaktadır.

LNG ile yüksek miktardaki doğal gaz, düşük basınçlar altında hacmi yaklaşık 600 kez küçültülerek sıvı halde saklanabilmektedir. Bu özellik, doğal gazın boru hatlarıyla taşınmasının teknik ve ekonomik anlamda mümkün olmadığı yerlere, gemi, kamyon ve tankerlerle nakliyesini uygun hale getirmektedir.

LNG, enerji ihtiyacını farklı yakıtlarla sağlayan ve yüksek yakıt tüketimine sahip tüm işletmelerde ilgili talimat, standart ve yönetmeliklerde geçen şartların sağlanması durumunda kolaylıkla kullanılabilmektedir.

LNG, ağırlıklı olarak her ölçekteki sanayi tesislerinde, seramik ve cam sanayinde, ticari işletmelerde, turistik tesislerde;

- Sıcak su ve kızgın su elde edilmesi,
- Buhar elde edilmesi,
- Sıcak hava elde edilmesi,
- Kızgın yağ elde edilmesi,
- Pişirme ve kurutma fırınları,
- Metal işleme (döküm, ergitme, ısıl işlem vs.),
- Elektrik üretimi amacıyla kullanılmaktadır.

- **Sıkıştırılmış doğal gaz (CNG):**

CNG (sıkıştırılmış doğal gaz), ulusal iletim şebekesi veya şehir içi dağıtım sisteminden gaz olarak ya da LNG terminallerinden sıvılaştırılmış doğal gaz (LNG) şeklinde tedarik edilen doğal gazın, yaklaşık 200-250 bar basınç altında sıkıştırılmasıyla elde edilmektedir. CNG, kokusuz, renksiz ve zehirli olmayan gaz fazında bir yakıttır.

Yüksek basınç altında gaz fazında taşınmakta ve depolanmaktadır. Basıncının düşürülmesiyle yine gaz fazında tüketime sunulmaktadır.

1.2. Doğal Gazın Özellikleri

Doğal gazın, Otto motorlarında yakıt olarak kullanılmasında yarar sağlayacak en önemli özelliği oktan sayısının yüksek oluşudur. Ayrıca ısıl değerinin benzin ve alkole göre yüksek olması da bir avantaj sağlamaktadır. Doğal gaz benzine oranla daha yüksek hava

fazlalık katsayısı değerlerinde tutuşma olanağına sahiptir. Böylece motorun fakir karışımla çalıştırılıp, yakıt ekonomisi ve egzoz gazları emisyonu açısından yarar sağlanması da mümkün olmaktadır.

Motorlu araçlarda kullanılan yakıtların bazı özelliklerinin karşılaştırılması Tablo1.1'de görülmektedir.

YAKITLARIN KARŞILAŞTIRILMASI	DOĞAL GAZ CH_4	BENZİN $C_{14}H_{30}$	LPG C_3H_8	MOTORİN $C_{14}H_{30}$
YANMA VERİMLERİ(%)	92	90	90	90
OKTAN SAYILARI	95-105	95-105	89	95
KENDİNDEN TUTUŞMA SICAKLIKLARI (°C)	600	440	418	225
HAVA KARIŞIM ORANLARI (%)	4-16	1,3-7,6	2-8,7	0,3-10
KALORİFİK DEĞERLERİ (KCAL/KG)	11.150	7.676	11.000	11.200

Tablo 1.1: Yakıtların karşılaştırması

Ancak stokiyometrik karışım içindeki yakıtın hacimsel oranının yüksek oluşu (benzin için % 1.65, metan için %9.47) nedeniyle, motorun birim hacmindeki stokiyometrik karışımın ısıl değeri benzine göre %10 mertebesinde daha az olmaktadır. Ayrıca laminar alev hızının da benzin-hava karışımına göre düşük olması, performans açısından olumsuz etkiler yaratmaktadır. Ancak doğal gazın motor performansı üzerindeki bu olumsuz etkisi, sahip olduğu yüksek oktan sayısı avantajlı kullanılarak motorun sıkıştırma oranının artırılması sonucunda giderilebilmektedir.

Doğal gazın difüzyon katsayısının benzine oranla iki kat fazla olması, hava ile daha kolay ve hızlı karışması, çift yakıtlı motorlarda kullanımı açısından yarar sağlamaktadır. Dizel ilkesine göre çalışan motorlarda doğal gaz, ortam içerisine yapılan pilot püskürtme yardımıyla tutuşturulabilmektedir. Bu özelliği nedeniyle doğal gaz, benzin ve dizel motorlarında önemli değişiklik yapılmadan kullanılabilmektedir.

Resim 1.1: Çeşitli araçlarda CNG yakıt sistemi uygulaması

Yüksek performansa ve düşük emisyonlara sahip bir doğal gaz motorunun yapımı doğru sıkıştırma oranının tespiti ile sağlanmaktadır. Bu oran her motor için değişebilir. Sıkıştırma oranının arttırılmasını motor vuruntusu sınırlamaktadır. Doğal gazın yüksek oktan sayısına sahip olması sıkıştırma oranının arttırılabilmesini sağlamaktadır. Yüksek oktan sayısı demek; vuruntunun ortadan kalkması, daha uzun buji ömrü, yağlama yağının daha fazla kullanımı ve soğuk havalarda iyi çalışması demektir. Doğal gaz motorlarında sıkıştırma oranının yüksek tutulması önemlidir. Sıkıştırma oranının arttırılması daha fazla termik verim sağlar. Termik verimin artması yakıt tüketiminde azalma demektir. Sıkıştırma oranında bir değişiklik yapılmadan doğal gazın benzin motorlarında kullanılması durumunda güçte %7'lik kayıp meydana gelecektir.

Sıkıştırma oranını arttırılması ile motorda benzin yerine doğal gaz yakılması sonucu oluşacak güç kayıplarının üstesinden gelinebilir. Doğal gaz daha hafif moleküler yapıya sahiptir ve silindire giren havanın %10'unu teşkil etmektedir. Hava miktarının azaltılması genellikle güç kaybına neden olurken, sıkıştırma oranının arttırılması bu durumu azaltabilir. Ayrıca doğal gazın yanması sonucu oluşan maksimum basınç ve sıcaklık benzin motorundan daha düşük olduğundan, sıkıştırma oranının arttırılması sonucu artacak olan basınç ve sıcaklıklar tehlikeli boyutlara ulaşmayıp, ancak benzin motorundaki değerlere gelecektir.

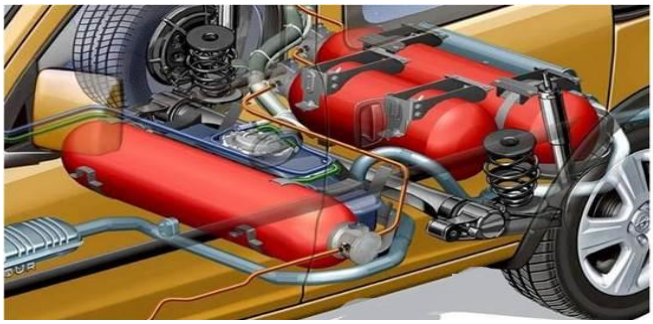
Dizel motorlarının yüksek sıkıştırma oranlarında çalışması ve doğal gazın oktan sayısının yüksek olması nedeni ile sıkıştırma oranının yüksek tutulabilmesinden dolayı, eğer dizel motorlarında uygun değişiklikler yapılırsa, doğal gazın dizel motorlarında rahatlıkla kullanılabileceğine yaygın olarak inanılmaktadır.

Doğal gazın korozif (aşındırıcı) özellikleri yoktur. Fakat bazen dünyada değişik bölgelerde elde edilen doğal gaz içerisinde nem olabilmekte; bu da motoru aşındırıcı etki göstermektedir. İçten yanmalı motorlarda, yakıt olarak doğalgazın kullanılması durumunda yanma sonu sıcaklığında düşme olmaktadır. Yanma sonu sıcaklığın düşmesi NO_x emisyonlarında azalma sağlayacaktır. Bunun yanında doğal gazın kullanımı, motorlu taşıtların gürültü düzeyinde azalmalar temin edecektir.

Doğal gaz saf halde iken renksiz, kokusuz ve tatsız bir gazdır. Güvenlik amacı ile kokulandırılmıştır.

Resim 1.2: Otobüse CNG ikmali

CNG, uluslararası standartlara uygun olarak üretilen yüksek basınçlı tüpler ve özel taşıma araçları ile tüketicilerin kullanımına sunulmaktadır.



Resim 1.3: Araç tüp yerleşimi

Doğal gazın dağıtımı tüplerden, borularla kullanım yerine kadar yapılabilmektedir. Çok temiz ve özellikleri sabit olan bir yakıt türüdür ve çevre kirliliği yapmaz. Ayrıca doğal gazın depolanması, buharlaştırılması, karbürasyonu, sıvı yakıtı gaz haline getirmek, basıncını düşürmek ve motora uygun şartlarda vermek için özel ekipmanlara ihtiyaç vardır.

1.3. Araç Tiplerine Göre Özellikleri

Doğal gaz sistemleri farklı araç tiplerine göre uygulamaları şu şekilde sıralamak mümkündür:

- **Buji ile ateşlemeli (Otto) motorlarda doğal gaz sistemleri**

Doğal gaz, benzin motorlarında fazla bir değişiklik yapılmadan kullanılabilir. Benzin motorları istenildiği zaman benzinle, istenildiği zaman doğal gazla çalıştırılabilir. Doğal gazı benzin motorlarında benzin ile birlikte çok az miktarda kullanmamız mümkün olduğu gibi, tek yakıt olarak da kullanmamız mümkündür. Her iki durumda da egzoz emisyonlarının zararlı etkisi azalmakta, özellikle karbon monoksit miktarında önemli azalmalar olmaktadır. Motor her iki yakıtta Otto çevrimi ile çalışabilir. Elektrikli ateşleme sistemi aynen kullanılır. Doğal gazın benzin motorlarında kullanılması halinde pilot yakıt, ateşleme sistemi ile karışımın ateşlenmesi durumu mevcut olduğundan gerekmemektedir.

Bir benzin motoruna gaz/hava karbüratörünün ilavesi ve ateşleme sisteminin motora uygun olarak yeniden düzenlenmesi ile motorun doğal gaz motoru olarak kullanılabilmesi mümkündür. Bunların dışında doğal gazın depolanması ve depodan motora sevki için gerekli basınç regülatörü, emniyet supabı gibi elemanlar ile sistemin donatılması gerekmektedir.

Yüksek basınçta depolanan doğal gazın basıncının regülatörlerde düşürülmesinden sonra gaz karbüratöründe hava ile karışım sağlanmaktadır. Gaz karbüratörlerinin karışımı homojen bir şekilde ve istenen yakıt/hava oranında hazırlaması, motor gücünü düşürmeyecek şekilde akış direncinin mümkün olduğu kadar az olması, motorun tüm çalışma şartlarında emniyetli çalışması, bütün silindirlere aynı yakıt/hava oranında karışım göndermesi, motorun

tüm çalışma şartlarında emniyetli çalışması ve kirletici egzoz emisyonunu düşük seviyede tutacak şekilde karışımın hazırlanması gerekmektedir.

Doğal gaz sahip olduğu yüksek oktan sayısı nedeniyle Otto ilkesine göre çalışan motorlar için uygun bir yakıttır. Ancak, benzine oranla birim kütlesinin sahip olduğu enerji yoğunluğu daha fazla olduğu halde, stokiyometrik oranlardaki karışım enerji yoğunluğu benzine oranla daha düşüktür. Bu nedenle aynı motordan alınacak güç, doğal gaz kullanıldığında düşmektedir. Ayrıca yanma hızının da düşük olması, ısıl verim açısından olumsuz etkiler yaratmaktadır. Ancak doğalgazın tutuşma sınırının, fakir karışımlara doğru gidildikçe, benzine oranla daha geniş olması ısıl verimin bu şartlarda daha yüksek olmasına neden olmaktadır.

Doğal gaz kullanımı sırasında maksimum momenti sağlayabilmek için ateşleme avansının arttırılması gerekmektedir. Hava fazlalık katsayısının daha fakir değerlerinde bu fark daha da belirgin olmaktadır.

- **Doğal gaz karbürasyon sistemi (karbüratörlü motorlarda)**

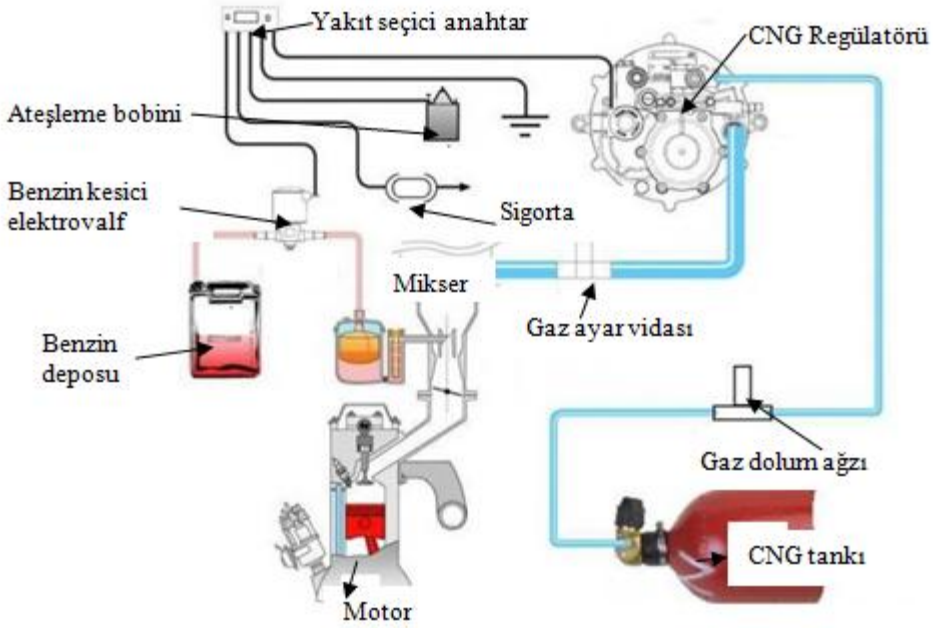
Bu mekanik sistemler;

- Elektromanyetik CNG açma-kapama valfi,
- Basınç regülatörü,
- Karışım ünitesinden(mikser) meydana gelir.

Çift yakıtlı bir taşıtta bu sistem kullanıldığında benzin hattına ayrıca bir elektromanyetik açma-kapama valfi de yerleştirilir. CNG ile çalışma durumunda bu valf kapalı, benzinle çalışma durumunda ise açıktır.

Basınç regülatörü motor suyu ile ısıtılır. CNG'nin genleşmesi sıcaklıkta büyük bir düşüşe sebep olacağından dolayı, bu ısıtma işlemi, regülâtörün donmasını önlemiş olur.

Regülatörden gelen CNG, karışım ünitesinde hava ile karışır. Karışım ünitesi karbüratörün altında veya üstünde bir yere yerleştirilebilir. Buradan kuru gaz/hava karışımı olarak motor içine emilir.



Şekil 1.2: Doğal gaz karbürasyon sistemi

- **Elektronik kontrollü doğal gaz sistemleri**

Kapalı devre karbüratörlü taşıtlarda, tek nokta enjeksiyonlu taşıtlarda, nozul tipi enjeksiyonlu taşıtlarda kullanılabilen sistemlerdir. Kapalı devre lamda kontrolü bulunan ve karışım ayarı otomatik olarak yapılabilen bir sistemdir.

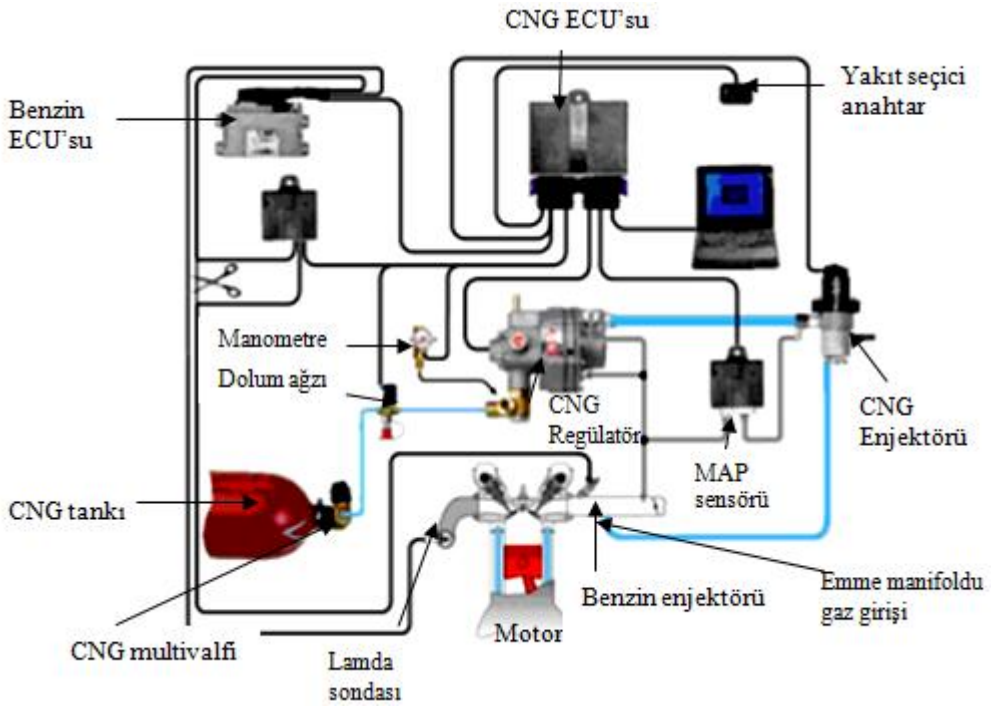
Bu sistemlerde gaz akışının ayarı basınç regülatörü ve karışım ünitesi tarafından gerçekleştirilmektedir. Bununla birlikte analog veya dijital olarak kontroller yapılmaktadır. Bu sistem emme manifolduna püskürtme yapar ve lamda sensörü ile 3 yollu katalitik konvertör içeren taşıtlarda kullanılır.

Bu sistem bir standart basınç regülatörü ve karışım ünitesi ile birlikte çalışır. Mikroişlemciye motor devri, manifold basıncı gibi giriş sinyalleri ve lamda sensöründen sinyaller gelir ve tüm sinyaller değerlendirilir. Mikroişlemci, bir dijital lineer aktüvatörü kontrol eder. Bu aktüvatör (step motor), basınç regülatörü ile karışım ünitesi arasında kuru gaz hortumu içerisine yerleştirilen değişken memeyi ayarlar. Böylece motora giden gaz miktarı ayarlanır.

- **Doğal gaz püskürtme sistemleri**

Kapalı devre çok nokta enjeksiyonlu taşıtlarda kullanılan sistemlerdir. Sistemde mikser bulunmamakta, doğal gaz doğrudan emme manifolduna püskürtülmektedir.

Çok noktalı CNG sistemleri doğal gazı sıvı veya gaz fazda emme kanalına (emme supabı üzerine doğru) veya yüksek basınçta doğrudan silindire püskürtebilirler. CNG'nin gaz fazında püskürtüldüğü çok noktalı elektronik püskürtme sisteminde, tek noktadan püskürtmede karşılaşılan geri tepme (karışımın emme manifoldunda yanması) olayına rastlanmaz.



Şekil 1.3: Doğal gaz püskürtme sistemleri

Benzinle mükemmel bir şekilde motor çalıştırılır ve daha sonra bir seçici anahtar yoluyla ikinci yakıt tipine geçilir. Bu sistemde tanktan gelen CNG bir iki kademeli basınç regülatöründen geçirilir. Burada aşırı basınç doğrultularak kontrol edilir. Bir gaz ayarlama ünitesi ile eşit miktarda yakıtın silindirlere gönderilmesi sağlanır. Daha sonra CNG, her silindirin emme supabının üstüne doğru bir enjektörden püskürtülür.

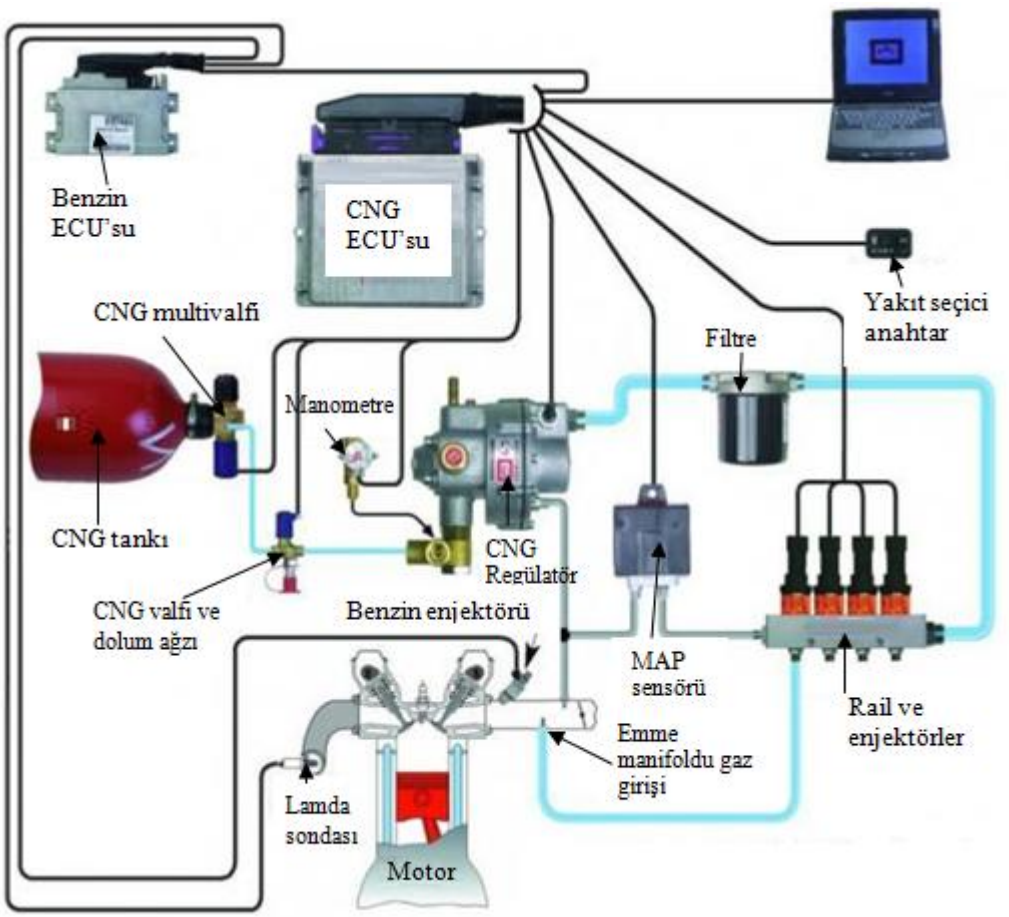
CNG püskürtme sistemi, mikroişlemci kontrollü olup kendi kendine öğrenme sistemine sahip ve ayar gerektirmeyen tiptendir. Mikroişlemci özellikle manifold emme basıncı ve motor devir sinyaline göre hareket eder. Ayrıca diğer parametreler de gaz kelebeği pozisyonu, lamda sensör, giriş havası su ve yakıt sıcaklıkları da kullanılır. Mikroişlemci gaz ölçme birimi üzerine monte edilen dijital lineer ayarlayıcı kontrol eder. Dijital lineer ayarlayıcı püskürtülen yakıtın gerçek miktarını ayarlar.

- **Dördüncü nesil doğal gaz sistemleri**

Sistem Euro 3 ve Euro 4'ü karşılayabilmekte olup, kapalı devre fakir yanmalı motorlarda kullanılmaktadır.

Çok noktadan enjeksiyonu içeren sistem, modern motorlara, farklı çalışma şartlarına cevap verebilecek, uyum sağlayabilecek teknolojiye sahiptir.

Şekil 1.4'te çok noktadan enjeksiyonlu modern motorlarda kullanılan dördüncü nesil CNG yakıt sistemi devre şeması görülmektedir.



Şekil 1.4: Dördüncü nesil doğal gaz sistemi devre şeması

- **Dizel motorlarda doğal gaz sistemleri**

Dizel motorlarının sıkıştırma oranları 18:1 gibi oldukça büyük değerlerdedir, doğal gaz motorlarında bu değerin daha düşürülmesi gerekmektedir. Bunun için de ya daha küçük pistonlar kullanılır ya da pistonlar talaş kaldırma işlemi ile istenilen 12:1 mertebesinde sıkıştırma oranlarına ulaştırılır. Doğal gazı oluşturan elemanlardan metan diğer hidrokarbonlara göre daha az reaktif olduğu için tutuşturulması için de daha yüksek enerjiye ihtiyaç vardır. Bunun için de daha yüksek enerji veren buji kullanılması gerekir.

Gaz yakıtlarının dizel motorlarında kullanımı, dizel çevriminin özelliği nedeniyle, beraberinde çözümü gerektiren bazı problemleri getirmektedir. Bunların başında gaz

yakıtlarının tutuşma meyillerinin az oluşu, sıkıştırma zamanı sonunda silindire sokulmalarının güçlüğü ve yüksek sıkıştırma oranlarındaki vuruntu (benzin motorlarındaki) tehlikesi gelmektedir. Gaz yakıtın emme zamanı sırasında, emme havası ile birlikte silindire alınması kolayca sağlanabilmektedir. Bu durumda yakıtın tutuşmaya hazırlık süresi uzadığından vuruntu tehlikesi de artmaktadır. Ancak doğalgazın oktan sayısının yüksek oluşu uygun bir tutuşma ortamı sağlandığından, dizel çalışması sırasında vuruntudan kaçınılabilme olanağını da sağlamaktadır.

Resim 1.4: Dizel araçlarda CNG dönüşümü için elemanlar

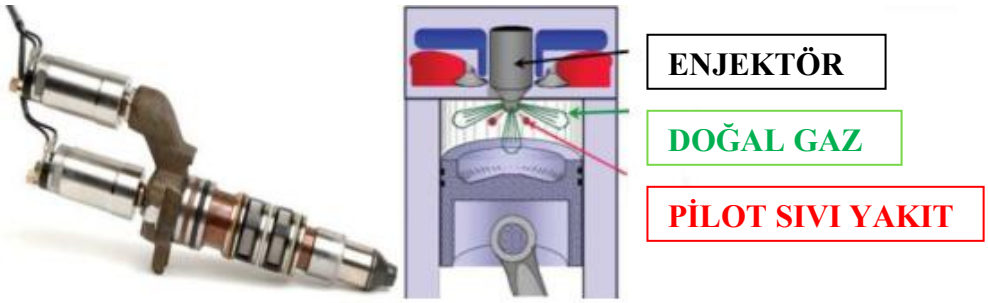
Doğal gazın dizel motorlarında kullanılması iki türlü gerçekleştirilmektedir:

- **Motor modifikasyonu**

Dizel motoru benzinli motor çalışma biçimine dönüştürülür. Bir ateşleme sistemi yerleştirilir ve sıkıştırma oranı düşürülür. Pahalı bir yöntemdir. Bu sebeple tercih edilmez.

- **Çift yakıt uygulaması**

Çift yakıtlı motorlarda silindir içindeki doğal gaz-hava karışımının tutuşmasını sağlamak amacıyla, motorun kendi püskürtme sistemi ve püskürtme pompası kullanılarak pilot dizel yakıtı püskürtülür. Bu amaçla, silindire sokulan toplan enerjinin %5-10 kadarına karşı gelen miktarda dizel yakıtı, sıkıştırma zamanı sonunda silindire püskürtülür. Püskürtme anında tutuşan pilot yakıt yardımı ile karışım tutuşur. Motor yükünün değişmesi halinde dizel yakıtı miktarının sabit kalmasına karşılık doğal gaz miktarı değişmektedir. Böylece kısmî yüklerde doğal gaz oranı düşmekte, rölantide çalışmada ise hiç doğal gaz kullanılmamaktadır.



Resim 1.5: Gaz yakıt enjektörü ve pilot yakıt

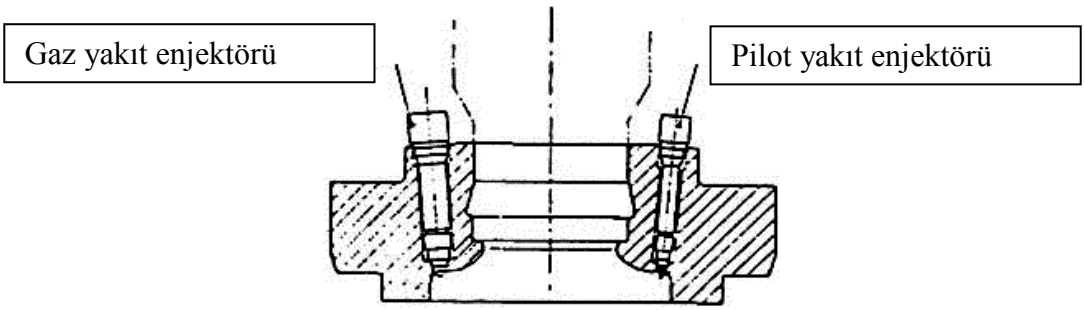
Pilot püskürtme demetinin enerjisi, bujide sağlanan enerjinin 10^2-10^4 katı kadardır. Böylece hava fazlalık katsayısının 1,4-2'lik değerlerinde de ilk tutuşma garanti edilmektedir. Bundan daha önemlisi, pilot püskürtme ile oda şekline uygun püskürtme demeti oluşturularak, ayrıca silindir içinde yaratılan hava hareketinin de yardımıyla, yanmanın odanın her noktasında aşağı yukarı aynı anda başlaması sağlanmaktadır. Bu şekilde 16-17'lik sıkıştırma oranlarında vuruntusuz yanma elde edilebilmektedir.

Pilot püskürtme dizel motorunun orijinal enjektörü ile yapılırsa, bu enjektörün deliği pilot püskürtme debileri için göreceli olarak büyük kaldığından, demetin kalitesi kötü olacaktır (demet derinliği az, damlacık çapları büyük). Yanma odası içine oldukça homojen dağılmış olan gaz-hava karışımı, bazı noktalarda tam olarak yanamaz. Bu durumda zararlı egzoz gazı emisyonlarında ve yakıt tüketiminde artış görülmektedir. Ancak orijinal püskürtme enjektörü kullanmanın en büyük avantajı motorun çalışması sırasında doğal gaza veya dizel yakıtına geçişe olanak vermesidir.

Delik çapı pilot püskürtmenin yakıt debisine uydurulmuş, daha küçük delikli enjektör kullanılırsa, yanma verimi ve emisyon açısından bir sorun olmayacaktır. Bu durumda yakıt tüketimi ve emisyon değerleri yaklaşık normal dizel yakıtı ile elde edilen seviyeye, bazen de daha aşağıya inmektedir.

Doğal gazın silindir içerisine enjekte edilmesi istendiğinde motor konstrüksiyonunda (yapısında) değişiklik yapılması gerekmektedir. Motor silindir kafasında değişiklik yapılarak ve yakıt olarak gelen doğal gazın basıncı yükseltilerek işlem yapmamız gerekecektir. Sıkıştırma prosesi (süreci) sonuna doğru gaz yakıt, ayrı bir enjektör vasıtasıyla silindir içerisine enjekte edilir. Burada sıkıştırma sonunda silindir içerisine enjekte edilen pilot yakıtın püskürtme avansı önemlidir. Bu avansın azaltılması gerekir, azaltılmadığı takdirde bu sebeple güç düşmesi olur. Pilot yakıt yardımıyla sıkıştırma sonunda silindir içerisinde tutuşma temin edilir. Bu sistemde, silindir kafası içinde, bir gaz diğeri pilot yakıt olmak üzere iki enjeksiyon valfine ihtiyaç duyulmaktadır. Motorun normalde olduğu gibi aynı güçte çalışabilmesi için ya yüksek basınçlı gaz enjeksiyonu ya da gaz yakıtla beraber dizel yakıtının birlikte kullanılması gerekmektedir.

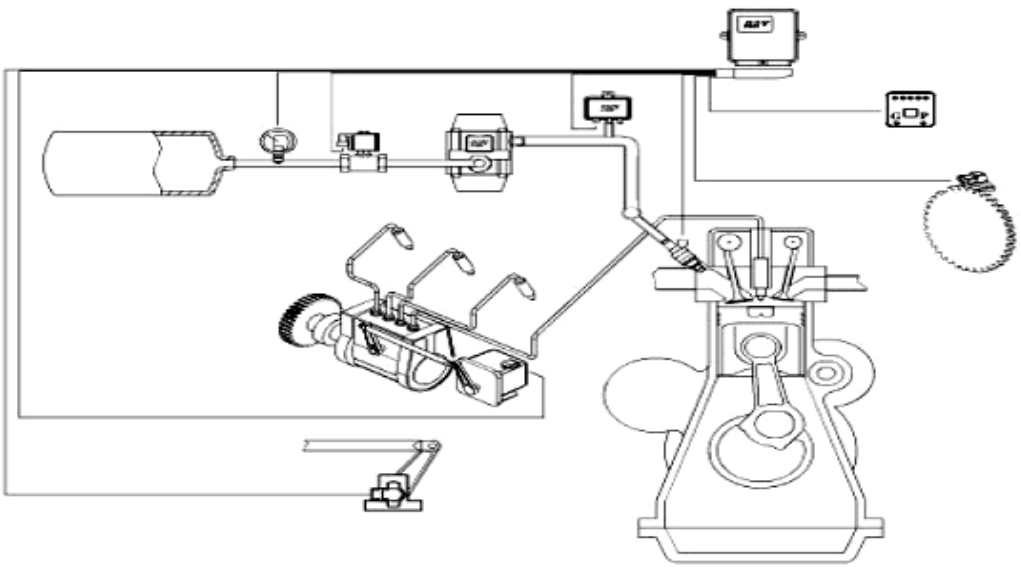
Gaz yakıt enjektörü ve pilot yakıt enjektörünün silindir kafasındaki yerleri Şekil 1.5'de gösterilmiştir.



Şekil 1.5: Gaz yakıt enjektörü ve pilot yakıt enjektörünün silindir kafasındaki yerleri

Doğal gaz emme havasına karıştırılarak silindire gönderilmekte, sıkıştırma sürecinin sonunda silindire püskürtülen pilot dizel yakıtıyla tutuşma sağlanmaktadır. Bu tip motorlarda motor çift yakıtla çalıştırılabilirken istenildiğinde sadece dizel yakıtı ile de çalıştırılabilmektedir.

Örnek bir çift yakıt sistemi devre şeması Şekil 1,6'de görülmektedir.



Şekil 1.6:Çift yakıt sistemi

Çift yakıt uygulamasında doğal gazın emme havasına karıştırılarak kullanılmasının yanı sıra çift yakıt enjektörleri ile direkt olarak silindir içine püskürtülerek kullanılması da mümkündür.

1.4. Doğal Gaz (CNG)'nin Depolanması

Doğal gazın ulusal iletim şebekesi veya şehir içi dağıtım sisteminden satın alınıp, yaklaşık 200-250 bar basınç altında sıkıştırılması ile araçlarda kullanılabilir hale gelen doğal gaz (CNG) elde edilmektedir.

Doğal gazı taşıtlarda yakıt olarak depolamak ve kullanmak için iki metot kullanılmaktadır.

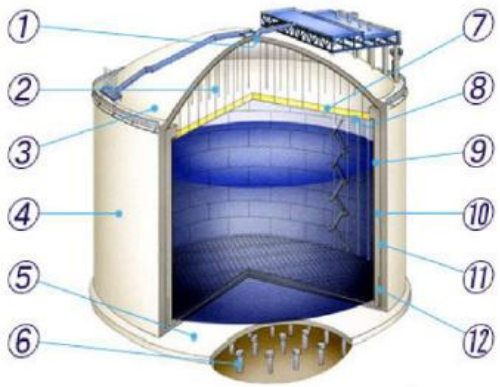
- **Gaz halinde depolama**

Doğal gaz genellikle doğal yeraltı rezervuarlarında depolanır. Yeraltı depolamasına uygun olan oluşumlar önce depo olarak kullanılmak üzere şartlandırılır. Sonra doğal gaz enjekte edilir. İstenildiğinde tekrar kullanılabilir.

Taşıtlarda depolama ise basınç altında sıkıştırılarak (yaklaşık 250 bar) çelik ve basınca dayanıklı tüplerde depo edilmektedir.

- **Sıvılaştırılmış halde (LNG) depolama:**

LNG daha az yer kaplaması nedeniyle gerek depolamada ve gerekse taşımada tercih edilir. LNG yerüstü veya yeraltına gömülü değişik kapasitedeki büyük tanklarda, normal atmosfer basıncında ve −160 °C sıcaklıkta sıvı olarak depolanır.



Şekil 1.7: LNG deposu ve kısımları

1. Çatı astarı
2. Asma çubuklar
3. Beton çatı
4. Yan duvarlar
5. Taban plakası
6. Destekler
7. Çatı yalıtımı
8. Asma tavan
9. İç kabuk
10. Yan duvar yalıtımı
11. Yan yüzey astarı
12. İkincil bariyer

Depolamada ilk yöntem olarak açıkladığımız basınç altında sıkıştırılmış doğal gazdır (CNG). Bu yöntem boru hattında bulunan doğal gazı standartlara uygun olarak filtrelenen, kurutulan ve sıkıştırılan gaz araçlarda kullanılmaktadır.

Doğal gaz basınç altında çok yer kapladığı için tam yükte bir otomobilin kat edeceği mesafe tüpün basıncına ve hacmine bağlıdır.

Sıkıştırılmış doğal gaz (CNG), atmosfer basıncı ve normal sıcaklıktaki gaza göre yaklaşık 1/200 hacim kaplar.

Bugün kullanılan teknolojilerde; 200 atmosferde depolanan doğal gazın basıncı, uygulanan teknolojiye göre değişmek üzere kullanılan bir regülatörle 7 bar ile 15 bar arasında bir basınca düşürülmekte ve hava ile karıştırılarak emme manifoldundan motora verilmektedir. Aşırı güç taleplerin motorun aşırı ısınmasını ve ani basınç artışlarını önleyen sistemlerle donatılan bu araçlarda, tüpler de darbelere ve kazalara karşı korunmak üzere çelik muhafazalarla taşınmaktadır.

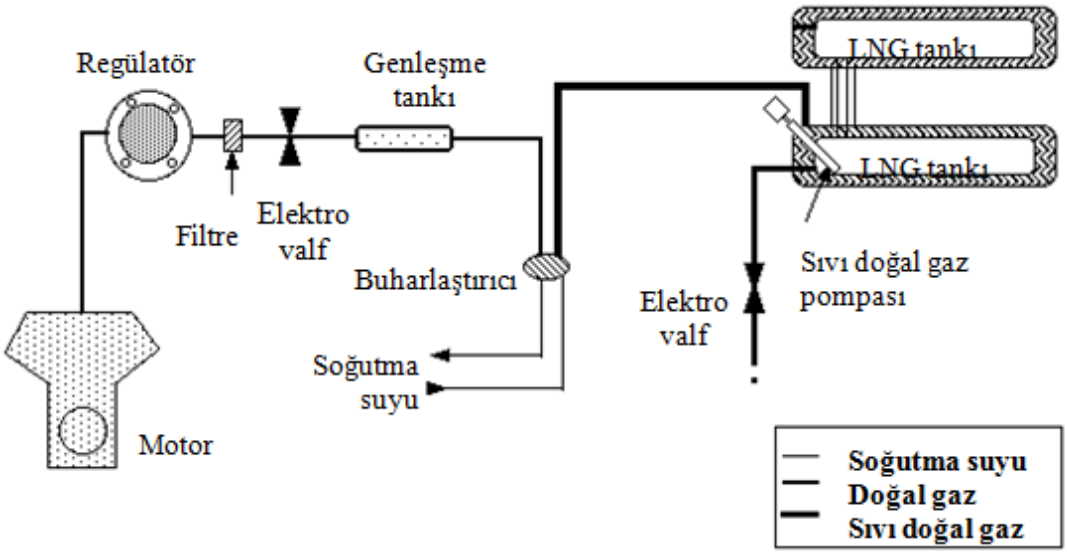
1.5. Doğal Gazlı Motorun Çalışma Prensibi

- **LNG yakıt sisteminin çalışması**

LPG ve Sıvılaştırılmış doğal gaz (LNG) çalışma şekillerine göre benzerlik oluştuğundan; LPG ve doğal gazı, taşıtlarda yakıt olarak kullanmak için birbirine benzeyen dönüşüm sistemleri kullanılmaktadır.

Yakıt seçme düğmesinden seçilen yakıt tipine göre sisteme monte edilmiş elektro valfler benzin veya LNG'ye yol vermektedir. Yakıt seçme düğmesi LNG pozisyonuna alındığında benzin hortumu üzerinde bulunan elektro valf benzinin karbüratör veya enjeksiyon sistemine gitmesini engeller.

LNG depo içerisinde bulunan bir elektrik motoru sayesinde sistemde dolaştırılır
Regülatör üzerinde bulunan elektro valf kontak anahtarına bağlı olduğu için açılır ve LNG regülatör içerisinde bulunan hazneye dolar. Regülatöre dolan gazın basıncı düşürülerek alçak basınç borusu ve gaz ayar vidasından geçerek miksere (gaz karıştırıcı) ulaşır. Mikserde hava ile karışarak emme manifoldu içine dolar.

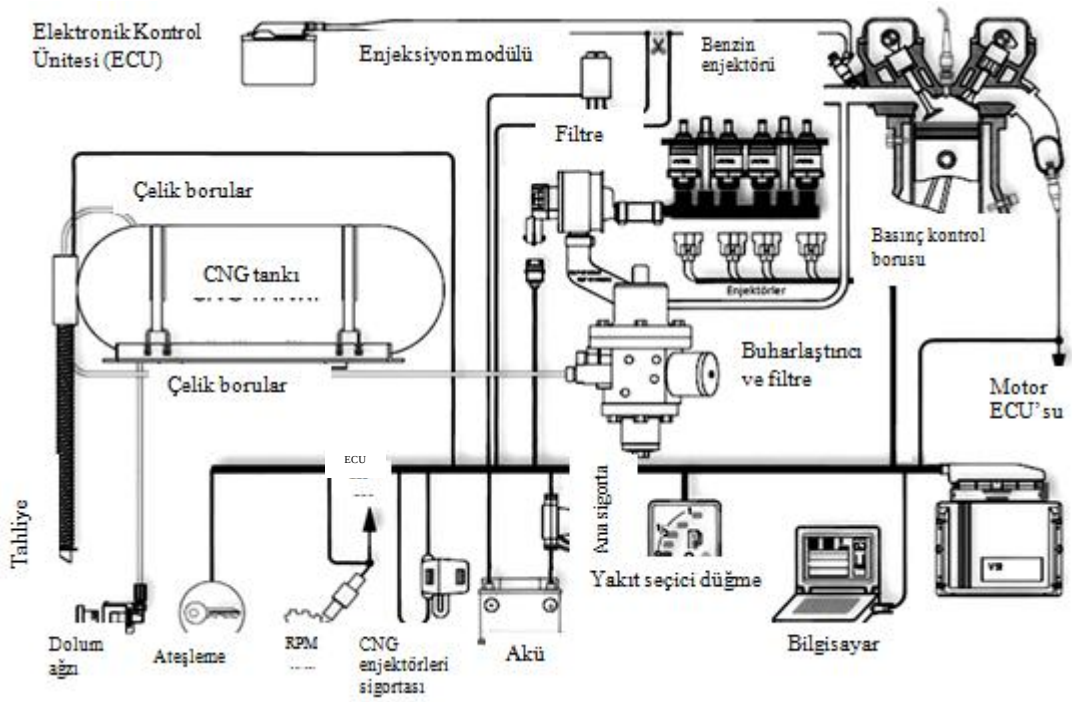


Şekil 1.8: LNG yakıt sistemi

Motora marş yapılması ile emme manifoldunda bulunan LNG silindir içerisinde yakılarak kullanılır. Eğer belirli bir süre marş yapılmasa yüksek basınç hattına ve regülatör üzerinde bulunan elektro valf kapanarak gaz geçişi engellenir. Bu durum regülatörün içinde bulunan gazın emme manifolduna dolmasını engellemek ve gaz kaçaklarının önüne geçmek için yapılmaktadır.

Kontak anahtarı açıldıktan 2 saniye sonra motor marş yapılır. Marş anında motorun yakıt sisteminin özelliğine göre mikser veya enjektörlerden gaz emme manifolduna verilir. Depoda bulunan LNG depoda bulunan pompa sayesinde regülatöre gelir. Regülatörde istenilen miktarda emme manifolduna girer. Sıvı halde bulunan LNG emme manifoldunda hemen buharlaşmaz ve silindir içine sıvı halde girebilir. Bu nedenle de motor çalışmayabilir. LNG sistemlerinde motor ilk çalıştırma anında bir müddet benzin ile çalıştırılır. Bu sayede motorun soğutma suyu ısınarak regülatörü ısıtır ve regülatör içinde bulunan sıvı LNG manifold içine gaz halde girer. Regülatör ısındıktan sonra motor daha rahat çalıştırılır.

➢ **CNG yakıt sisteminin çalışması**



Şekil 1.9: CNG yakıt sistemi şeması

Basınçlı depo edilen doğal gaz (CNG) daha farklı sistemler kullanılarak otomobil ve büyük araçlarda alternatif yakıt olarak kullanılmaktadır.

Sıkıştırılmış doğal gaz (CNG) ile çalışan araçlarda yakıt tüplerin az yer kaplaması için döşeme altına monte edilmektedir.

Yüksek basınçlı tüplerde bulunan sıkıştırılmış doğal gaz (CNG) yüksek basınç borusunun üzerinde bulunan filtreden geçer. Gaz, basıncın düşürüldüğü yüksek basınç regülatörüne gönderilir.

İkinci bir regüle edici valf olan düşük basınç regülatörü basıncı daha da düşürür ve gaz kontrol valfine uygun bir besleme basıncı düzeyine indirir. Kontrol valfi, gazı motorun soğutma suyundan yararlanarak ısıtır. Sistemde ani basınç düşüşü, gaz kaçağı gibi durumlar olduğunda sistemi otomatik olarak kapatacak şekilde tasarlanmıştır.

1.6. Doğal Gaz (CNG) Yakıt Sisteminin Avantaj ve Dezavantajları

Motor bakımı açısından aracın periyodik bakım zamanı uzamakta, titreşimin azlığı yıpranmayı azaltmakta, CNG kirleticiler içermediği için yağ ömrü uzamakta ve performansı artmaktadır. Bu olumlu değerlerin parasal karşılığı CNG fiyatındaki çok önemli avantaja ilave edildiğinde diğer yakıtlara göre tasarruf oranı yükselmektedir.

1 m^3 CNG'nin eşiti diğer yakıtlar:
1 m^3 CNG = 1,05 lt Benzin
1 m^3 CNG = 1,35 lt LPG
1 m^3 CNG = 1,00 lt Motorin
1 lt Benzin = 1,28 lt LPG

Karşılaştırma, ABD GGE sistemine göredir. Bu karşılaştırma motorin kullanan bir şehir içi otobüse göre yapılır ise tasarruf miktarı hesaplanabilir.

Günlük mesafe: 350 km Yıllık Mesafe: 125.000 km

100 km'de 45 lt motorin tüketimi olur ise yıllık harcamalar

Motorin	: 56.000 lt ve 168.000 TL
CNG	: 56.000 m^3 ve 81.200 TL
TASARRUF	: 86.800 YTL ve % 51

Tasarrufa CNG kullanımından kaynaklanan diğer avantajlar eklenmemiştir. Bu aracın değerinin 230.000 TL olduğu düşünülürse alınan yeni araç 2 yıl 8 ayda kendisini motorin – CNG fiyat farkından değerini geri ödeyecektir.

Resim 1.6: CNG'li büyük araçlar

Dogaz gaz kullanımının avantaj ve dezavantajlarını şu şekilde özetleyebiliriz:

- **Avantajları**
  - Benzin ve motorine göre ucuzdur. CNG benzinle çalışan araçlara göre % 70-80, LPG ile çalışan araçlara göre % 40-50 daha tasarrufludur.
  - Artık bırakmadan yanar. Bu sebeple benzinli motorlarda buji değişim aralıkları uzun olur.

- Gaz fazında olduğu için yağlama yağına karışmaz bu sebeple 35-40 bin km'de yağ ve yağ filtresi değiştirilir (benzine ve motorine gören az 2 katı).
- Silindir cidarlarında karbon birikimine sebep olmaz.
- Egzoz sistemi uzun ömürlü olur.
- Güvenli bir yakıttır. Herhangi bir kaza anında havadan hafif olduğu için çabucak dağılır. Benzin ve dizel yakıtından farklı olarak havada sadece sınırlı konsantrasyon aralığında (%5 – %10) yanabilir.
- En az kirletici emisyon yayan yakıttır. (sera gazı hariç)

➢ **Dezavantajları**

Dolum istasyonları yaygın değildir ve kurulması pahalıdır.

- Büyük hacimli yakıt tüpleri fazla yer kaplar ve bagaj hacmini küçültür.
- Taşınması sıvı HC yakıtlara göre daha zor ve pahalıdır. Çünkü yüksek basınç, düşük sıcaklık, kompresörler, soğutucular ve ağır kaplar gerektirir.
- Metanın (CH_4) sera etkisi CO_2'e göre 20 kat daha kötüdür.
- Taşıtlardaki dönüşüm maliyetleri özellikle dizel motorlarında daha yüksektir.
- Motor performansında düşüşe neden olur.
- Gerek depolama gerekse düşük enerji yoğunluğundan dolayı benzin ve motorin ile aynı depolama hacmine sahip doğal gaz kullanılan taşıtların kat edebilecekleri menzil daha azdır.
- Zor kaynaklardır, teknoloji henüz bu alanlara girmemiştir veya çok pahalıdır, dolayısıyla buralar, gaz elde edilmesi henüz ekonomik olmayan yataklardır.

1.7. Doğal Gaz (CNG) Yakıt Sisteminde Emniyet Kuralları ve Güvenlik

Tablo 1.2'de CNG'in diğer yakıtlara göre yanıcılık özellikleri karşılaştırılmıştır.

ÖZELLİK	DOĞALGAZ (CNG)	BENZİN	MOTORİN
Yanabilirlik sınırları (Havada Hacimsel Olarak %)	**5-15**	**1,4-7,6**	**0,6-5,5**
Kendi Kendine Tutuşma Sıcaklığı (^{0}C)	**456**	**300**	**230**
En az Ateşleme Enerjisi (10^{-6} Kj)	**0,26**	**0,22**	**0,22**
Maksimum Alev Sıcaklığı	**1886**	**1977**	**2054**

Tablo 1.2: CNG'de yanıcılık

- Doğal gaz montajında kullanılan elemanların ECER-67-01 ve TSE standartlarına uygun olmalıdır.
- Doğal gaz tankın üzerinde bulunan multivalf, tankın %80 oranında doldurulmasına sağlayacak şekilde ayarı yapılmadır.
- Doğal gaz borusu, 1mm kalınlığında çelik boru ve üzeri PVC ile kaplı olmalıdır.
- Doğal gazlı araçlar kapalı alan ve ateşe yakın bir yere kesinlikle park edilmemelidir.
- Eğer araç uzun süre kullanılmayacaksa depo üzerinde bulunan multi valfin giriş ve çıkış vanaları kapatılmalıdır.
- Aracın doğal gazlı olduğunu belirten uyarıcı etiketler mutlaka aracın ön ve arka camına yapıştırılmalıdır.

1.8. Doğal Gaz (CNG) Yakıt Sistemi İçin Yasal Düzenlemeler

Doğal gaz (CNG) yakıt sistemi için Türkiye'de yürürlükte olan ve hükümlerine uyulması zorunlu olan yasal düzenlemeler şunlardır:

- TS ISO 15501-1:2 - Sıkıştırılmış Doğal gaz (CNG) Yakıt Sistemleri - Bölüm 1-2
- TS ISO 15500 - 1:19 Sıkıştırılmış Doğal gaz (CNG) Yakıt Sistemi Bileşenleri - Bölüm 1-19
- TS 12873 Yetkili Servisler - Pompalar (Atık ve Temiz Su, Yağ, Akaryakıt, LPG, CNG) - için Kurallar.
- TS 12664-2 İş yerleri - Karayolu Taşıtları Yakma Sistemlerinin, Sıkıştırılmış Doğal gaz (CNG) Kullanımı
- ISO 14469-1 Karayolu Taşıtları - Sıkıştırılmış Doğalgaz (CNG) doldurma bağlantısı - Bölüm 1:20 Mpa (200 bar) bağlantı.
- R 115:2006 Motorlu Taşıtlar I. Tahrik Sistemlerinde CNG (sıkıştırılmış doğalgaz) kullanılması amacıyla motorlu taşıtlara monte edilecek sonradan takılan özel CNG sistemlerinin onayı ile ilgili hükümler.
- TSE ECE R 110:2002 Motorlu taşıtlar - Tahrik sisteminde sıkıştırılmış doğal gaz (CNG) kullanan motorlu taşıtların özel aksamlarının, tahrik sisteminde sıkıştırılmış doğal gaz kullanımı için tip onaylı özel aksamların montajı konusunda taşıtların onayı ile ilgili hükümler.

1.9. Doğalgaz (CNG) Kullanım Alanları

Birçok batı ülkesinde doğal gazın araçlarda kullanımı ile ilgili çalışmalar ve araştırmalar büyük bir hızla devam etmektedir. Dolayısı ile motorlu araçlarda doğal gazın kullanımı da hızla artmaktadır. Doğal gaz buji ile ateşlemeli motorlarda kullanıma uygun olduğu halde son yıllarda dünyada ve ülkemizde dizel motorlu araçlarda ikincil yakıt olarak kullanımı yaygınlaşmaktadır.

- **CNG Kullanan Araçlar Şunlardır:**
  - Otomobiller,
  - Şehir içi ve şehirlerarası otobüsler,
  - Şehir içi lojistik araçları, araç filoları,
  - Çöp kamyonu, yol süpürgesi gibi araçlar,
  - Ağır vasıtalar, askeri ve kamu hizmet araçları,
  - Deniz ve kanalda çalışan tekne, feribot, deniz taksileri,
  - Trenler, motosikletler, triportörler,
  - Uçaklar ve her türlü apron araçları,
  - İş makineleri ve hafriyat kamyon filoları, forkliftler.

- **Dünyada ve Türkiye'de CNG Politikaları**

Dünya'da CNG Araç Parkı (Kasım'07) :

Otobüs	: 167.342
Kamyon	: 146.001
Diğer araçlar	: 7.352.294
Toplam	: 8.537.355
Motorsiklet v.d.	: 871.718

2007 yılı tüketilen CNG miktarı: 22,2 milyar Nm^3 (Kaynak: The GVR Kasım'07)

Resim 1.7: CNG sistemli belediye otobüsleri

Türkiye'de ilk CNG istasyonu İETT tarafından kurulmuştur. Halen, 3 oto gaz istasyonu, 6 şehir içi otobüs istasyonu, 5 CNG taşıma istasyonu ve CNG istasyonları bulunmaktadır.

Araç üretimi olarak 4 otobüs üreticisi ve 1 panelvan üreticisi ile 3 CNG kiti üreticisi faaliyettedir. Günümüzde Türkiye'de 30.000 den fazla motorlu araçta doğal gaz, yakıt olarak kullanılmaktadır.

Türkiye dünyanın en büyük doğal gaz kaynaklarının % 70'ine boru hatları ile bağlıdır. Bu açıdan doğal gazın arz güvenliği yüksektir.

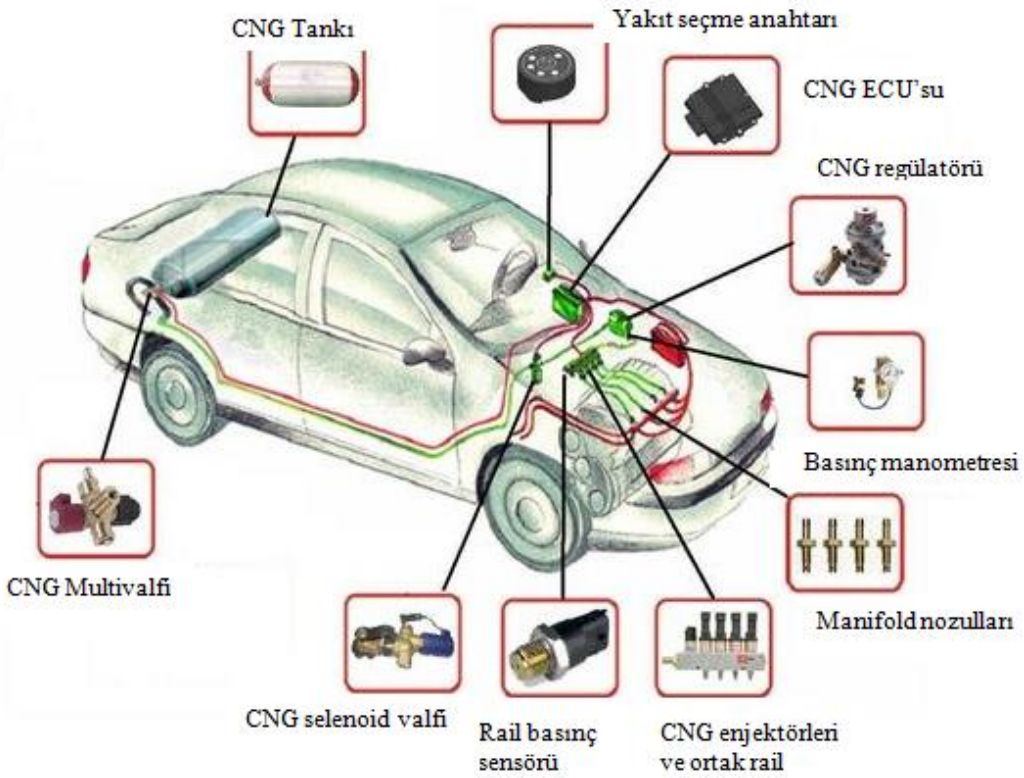
Bazı araçlarda sadece CNG kullanılırken bazı uzun mesafe taşıtlarında, kamyon ve transit yolcu taşımacılığı yapan otobüslerde LNG kullanılabilmektedir.

CNG, son yıllarda ana yakıt olarak kabul edilmekle birlikte binek araçlarda alternatif yakıt olarak da tercih edilmektedir. Sadece CNG ile çalışan birçok araç modeli bulunmaktadır. Otobüsler ve kamyon gibi ağır araçlarda ise CNG tek yakıt olarak tercih edilmektedir. Son yıllarda CNG motorları yüksek teknolojik seviyeye ulaşmıştır.

1.10. Doğal Gaz Yakıt Sisteminin Elemanları

Resim 1.8: CNG dönüşüm kiti

LPG sisteminde kullanılan dönüşüm kiti ile doğal gazda kullanılan dönüşüm kitleri birbirlerinde kullanılmaz. LPG düşük basınçlı çalıştığı için kullanılan bağlantı elemanları ve regülatör, doğal gazlı yakıt sistemi parçalarına göre daha zayıf yapıdadır. Doğal gazdaki sistem basıncını emniyet altına almak daha dayanıklı ve pahalı malzemeyle sağlanmaktadır.



Şekil 1.10: Araç üzerinde CNG yakıt sistemi elemanlarının yerleri

Araçta CNG yakıt sisteminin kısımlarını şöyle sıralayabiliriz:

- Dolum sistemi (dolum ağzı)
- CNG Yakıt tankları (tüpleri)
- CNG yakıt tankı Multi valfi
- Termik emniyet valfleri
- Tüplere gazı bağlayan manifold
- Manifold üzerinde basınç sensörü
- Elektrik bağlantı kutusu
- Yüksek basınç boruları
- Yüksek basınç sensörü
- Borulama ve aksesuarları
- CNG regülatörü
- Alçak basınç borusu ve esnek hortum
- Yakıt seçme anahtarı ve elektrik bağlantıları
- Benzin kesici elektro valfi
- Elektronik kontrol ünitesi
- CNG enjektörleri ve rail

1.10.1. Dolum Sistemi (Dolum Ağzı)

Doğal gaz yakıt sistemlerinde tüpler içinde basınçlı gazı pompalayabilmek için dolum ağzı bağlanmıştır. Dolum ağzı depo içerisine gaz girişini sağlar ve depo üzerinde bulunan multi valfe bağlıdır. Multi valf üzerinde depo içerisine gaz akışını sağlayan tek yönlü bir valften gaz dolumu sağlanır.

Resim 1.9: Binek otomobil CNG dolum ağzı ve bağlantı parçaları

1.10.1.1. Dolum Ağzı

Dolum ağızları birçok standartta olmaktadır. Türkiye' de istasyonlarda dolum sorunu yaşatmamak için ağır vasıtalara 12 mm diğer araçlara 6 mm dolum ağzı bağlanmaktadır.

1.10.1.2. Dolum Basıncı Manometresi

Dolum sırasında gaz basıncını göstermek için kullanılır. Ağır vasıtalarda vardır. Fakat binek araçlarında yoktur.

1.10.1.3. Arkada Çek Valf ve Filtre

Çek valf tek yönlü gazın geçişine müsaade eder. Filtre ise doldurulan gazın filtre edilmesini sağlar. Bazen dolum ağzı ile birleşik bir parçadır.

1.10.1.4. Motor Stop Sensörü

Bazı imalatçıların dolum sırasında motoru mutlaka kapatmak istemeleri nedeniyle burada motor stop sensörü bulunur.

1.10.1.5. Valfler

Ağır vasıtalarda tüplerdeki gazı boşaltmak gerektiğinde kullanılabilecek basınç düşürme valfi bulunur. Bu valf tüpün ağzında bulunan multi valfin içindeki aşırı akım valfini kilitlemeden acil durum gaz boşaltımı için gereklidir. Akış kapasitesi 100 m3/saat kapasitenin altındadır.

Bazı firmalar bu bölgeye otobüs motoruna ve tanka gidiş yönünü kapatmak için valfler bağlamaktadır.

Giriş supabı ve vanası dolum ucuna bağlıdır. Depo içerisinde alınan gaz bu supap ve vanadan geçer. Dolum ucu parçanın üzerindeki rekora bağlanmaktadır. Depo içerisine gaz girişi parça üzerinden alınmaktadır. Giriş supabı bir çeşit emniyet valfidir. Valf kapalı olduğu zaman depodan regülatöre gaz çıkışı yapılamaz.

Multi valf üzerinde çıkış supabı vardır. Çıkış supabı sisteme giden gazın emniyetli bir şekilde sisteme gitmesini sağlar. Yüksek basınç borusunda meydana gelebilecek kaçak, yırtılma vb. arızalarda çıkış supabı kendini kapatarak sistemi koruma altına almaktadır.

1.10.2. CNG Yakıt Tankları (Tüpleri)

1.10.2.1. Tanımı

CNG yakıt tankı, CNG ile çalışan araçların yakıtlarının depolandığı, dayanımı yüksek ve ağırlıkları düşük, kaliteli malzemeden imal edilen yakıt sistemi elemanıdır.

1.10.2.2. Yapısı

Doğal gazın taşıtlarda depolanması ekonomik ve teknolojik yönden problemler doğurmaktadır. Çünkü ister gaz olarak, ister sıvı olarak depolansın doğal gaz yüksek basınç altında depolanmaktadır. Bu da bir yandan depo ağırlığının artmasına, diğer taraftan emniyet açısından bazı problemlere yol açmaktadır.

CNG tankı ortalama 80 kg'dır. CNG tanklarının daha hafif teknolojileri bulunmasına rağmen maliyetleri çok yüksek olduğundan ticari olarak kullanımları çok kısıtlıdır. Dolum gerçekleştirilen doğal gaz tanklarının periyodik olarak kalibrasyonunun yapılması bir zorunluluktur. Doğal gaz dolum sırasında 216 bar'lık bir basınca ulaşmaktadır. Uluslararası normlarının getirmiş olduğu standartların çok üstünde bir emniyet sağlamaktadır. Tanklar 300 bar'lık basınca uygun bir şekilde kalibre edilmiştir ve 450 bar' lık basınca dayanabilmesi için tasarlanmıştır.

Resim 1.10: CNG tankın yapısı

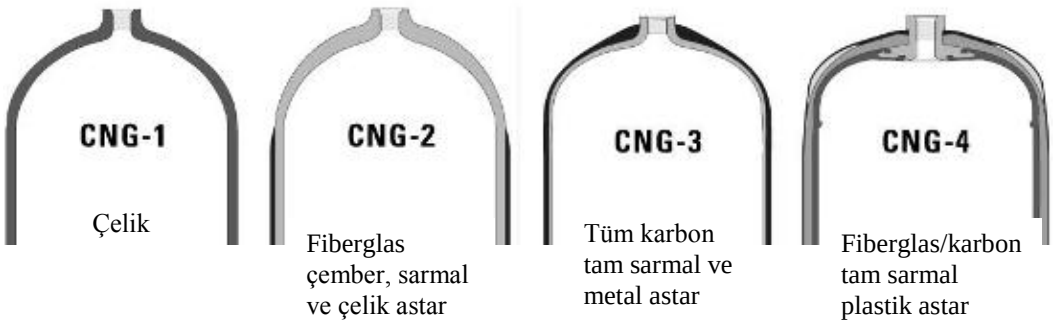
Bugün kullanılan CNG'li otobüslerde doğalgaz 200 atmosfer basınç altında 8 adet 50 litrelik tüplerde depolanmaktadır. Bu tüplerle araç yaklaşık 150 km. yol kat edilebilmektedir. Yalnız çelik tüplerin en büyük dezavantajları boş tüplerin ağırlığıdır. Her biri yaklaşık 50 kg olan bu tüpler nedeni ile araca ek 400 kg'lık bir yük yüklenmiştir.

Bugün boş ağırlığı azaltmak için çalışmalar yapılmakta olup, ikinci kuşak tüplerde metal ve kompozit bir arada kullanılmakta ve boş ağırlık azaltılmaya çalışılmaktadır. 1993'un ikinci yarısında tümüyle kompozit 200 atmosfere dayanıklı silindirler üretilmeye başlanmıştır. Bu silindirlerin yaygınlaşması ile araçlarda en büyük sorun olan gazların depolanma sorunu ortadan kalkacaktır.

1.10.2.3. Çeşitleri

ECE R100 tüzüğündeki aynı ifadeler ile yeni nesil CNG tüplerinin çeşitleri şunlardır.

- CNG-1
- CNG-2
- CNG-3
- CNG-4



Şekil 1.11: ECE R100 tüzüğüne göre CNG tankı çeşitleri

1.10.2.4. Özellikleri

- **CNG- 1:** Karbon veya hafif çelikten yapılmış tamamen metal malzemeden üretilmiştir. Ağırlığı 100 litrede 95-110 kg arasıdır.
- **CNG-2 :** Sentetik reçine ile kaplanmış sürekli iplikle kuvvetlendirilmiş metal sarmal depo (çember sarmallı), Tüpün metal malzemesi silindirik kısmında azaltılır ve bu bölüme cam elyafı veya karbon fiber sarılır. bombeler metaldir. Ağırlığı 100 litrede 70 kg civarındadır.
- **CNG-3** : Sentetik reçine ile kaplanmış sürekli iplikle kuvvetlendirilmiş metal sarmal depo (tamamen sarmallı), Tüpün metal bölümü çok hafif ve ısıyı hızla yayan bir malzemeden (alüminyum)yapılmış olan dikişsiz bir tüp ve tamamına karbon fiber sarılı olan tüptür. Ağırlığı 100 litrede 32-35 kg civarındadır.
- **CNG-4** : Sentetik reçine ile kaplanmış sürekli iplikle kuvvetlendirilmiş metal olmayan sarmal depo. Tüpün içindeki alüminyum tüp yerine plastik tüp kullanılmıştır ve üstü karbon fiber sarılıdır. Ağırlığı 100 litrede 30-35 kg arasındadır.

Araç üzerinde eş değer benzin deposunun kat edeceği miktarda doğal gaz deposu konulmak istenirse aracın bagajında hiç yer kalmayabilir. Bu nedenle doğal gazlı sistemler daha çok büyük araçlarda kullanılır.

Resim 1.11: Otomobillerde CNG tank yeri

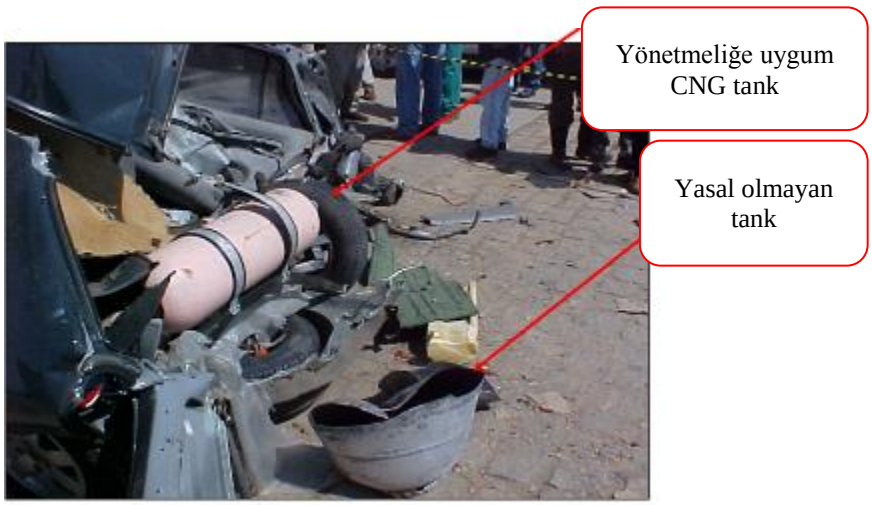
Sıvılaştırılmış doğal gaz (LNG), sıkıştırılmış doğal gaz (CNG)'dan daha az yer kapladığı için küçük araçlarda sıvı doğal gaz kullanımı daha yaygındır. Bu tip depolar genellikle araçlarda döşeme altına konulmaktadır. Bu şekilde aracın bagajında her hangi bir küçülme olmamaktadır. LNG doğal gaz depoları diğer depolara nazaran daha pahalıdır.

Resim 1.12: Büyük araçlarda CNG tankları yerleri

1.10.2.5. Uyulması Gereken İşletme Şartları

Aşağıdaki işletme şartlarına mutlaka uyulmalıdır:

- CNG tüpleri, motorlu taşıtların etrafında oluşan genel kirliliklere maruz kalabilirler. Yüksek tahrip gücüne sahip asitlerden ve çözeltilerden korunmalıdırlar.
- Koruyucu mantolamalar mevcut değildir ve öngörülmemiştir, yani liflerde meydana gelecek yapısal hasarlar kolayca görülebilir. Kaplamanın yüzeyindeki ince epoksi reçine tabakası uygun bir yüzey koruması sağlar.
- Tüpler kıymık, mıcır veya benzeri maddeler yoluyla aşınmaya maruz bırakılmamalıdır.
- Tüplerin içine normal su veya çeşme suyu (yağmur suyu, geriye akan su vs.) kesinlikle girmemelidir. Çünkü bu durum tüplerin dayanıklılık süresini olumsuz etkiler.



Resim 1.13: CNG'de emniyet

- Doğal gaz tüplerinde 65°C (149°F) üzerindeki sıcaklıklar, ya lokal olarak sınırlı kalmalı, ya da kısa süreli olmalıdır ki tüpün içindeki gazın sıcaklığı hiçbir zaman 65°C (149°F)'yi geçmemelidir. Dolum ve boşaltma esnasında, sıcaklıklar yukarıda belirtilen alt ve üst sınırlar arasında değişebilir.

1.10.2.6. Montaj Kuralları

Araçlarda CNG dönüşümlerinde araca montajı yapılan yakıt tankının üzerinde, CNG dönüşümünü yapan Firmanın adı, adresi ve dönüşüm tarihi, CNG tankı imalatçısı firmanın adı, adresi ve imal yılını belirten bir etiket, sökülemeyecek şekilde bulunacaktır.

1.10.2.7. Tüplerin ve Sabitleme Sistemlerinin Denetim ve Bakımı

Kullanıma hazır duruma getirilme tarihi itibariyle, yıllık dolum sayısına ve tüplerin kullanıldığı ülkedeki ilgili yönetmeliklere bağlı olarak, tüplerin azami kullanım süresi 10 yıldır. Araçlarda bulunan CNG tankı her 10 yılda bir değiştirilmelidir.

Son kullanım tarihi tüp etiketleri üzerinde belirtilmiştir. Etiketin okunamaz olması durumunda kullanıcı tüpün boynundaki damgadan tüpün seri numarasını alıp son kullanım tarihini öğrenebilir.

Son kullanım tarihine ulaşıldığında tüp hurdaya çıkarılmalıdır. Eğer tüp kullanım süresine ulaşmadan önce kullanım yılı x 1000 kereden daha sık doldurulduysa da hurdaya ayrılmak zorundadır.

Tanklar –400°C ile +650°C arasında bir problem yaratmayacak ve 250 atmosfer basınca 10.000 defa doldurulsa da emniyetinden bir şey kaybetmeyecek, darbelere ve yangınlara dayanıklı olacaktır.

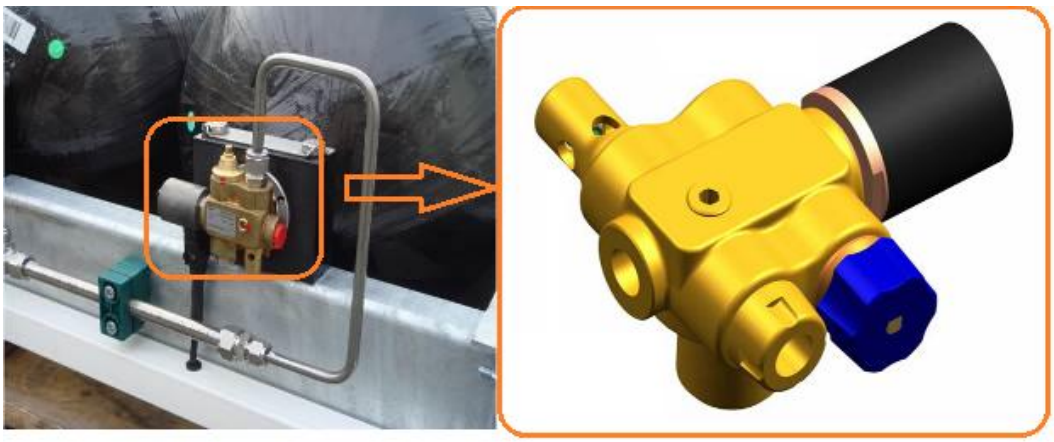
1.10.2.8. Dolum ve Boşaltma

Dolum sırasında dikkat edilecek hususlar şunlardır:

- Dolumu sırasında doğal gaz 200 bar basınçla sıkıştırılır. Doğal gaz deriyle temas ettiğinde, hızlı dolum sırasında oluşan soğuma etkisi ile deride donma belirtileri görülebilir. Bu nedenle dolum sırasında mutlaka koruyucu eldiven giyilmelidir.
- Tehlikeli bölge tecrit edilmelidir.
- Açık ateş ya da tutuşma tehlikesine sahip lambalarla çalışılması yasaktır.
- Doğal gaz depolarının dolumdan önce, gözle görülebilen eksiklikler kontrol edilmelidir.
- Kaçağın olduğu bölgeler patlama tehlikesi anlamına gelir ve hemen bertaraf edilmelidir.
- Dolum yapılacak olan aracın hareket etmesi engellenir, motor durdurulur ve kontak anahtarı üzerinden alınır.
- Uygun yangın söndürücüler (Yanma Sınıfı A, B, C) ve diğer söndürme tertibatları kolay erişilebilir olmalıdır. Yanma sınıfı C tipi, metan için özellikle uygundur.
- Basınçlı gaz tüpleri ve borular açık atmosfere tahliye edilemez.

1.10.3. CNG Yakıt Tankı Multi Valfi

CNG tankı multi valfi ve araç üzerindeki yeri Resim 1.14'de görülmektedir.



Resim 1.14: Multivalf ve araç üzerindeki yeri

Tüplerin üzerinde bulunan multivalf şu parçalardan oluşur:

1.10.3.1. Manuel Valf

Gazın elle manuel olarak açıp kapatılmasını sağlar.

1.10.3.2. Selenoid Valf

Motor ECU'suna bağlıdır ve aracın çalıştırılması ve stop edilmesi sırasında gazın açıp kapatılmasını sağlar.

1.10.3.3 Aşırı Akım Valfi

Araç elektrik sisteminde aşırı akım oluşmasında güvenlik açısından gazın kapatılmasını sağlar.

1.10.3.4. TPRD Termik Emniyet Valfi

Termik emniyet valfi, yüksek sıcaklıklarda sistemi koruma altına alır.

1.10.3.5. Gaz Giriş / Çıkış Bağlantısı

Gaz giriş ve çıkış bağlantısı Şekil 1.12'de görülmektedir.

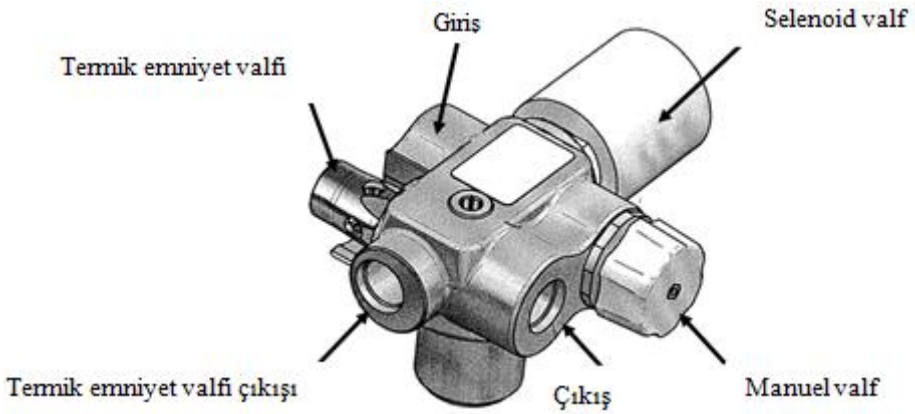
1.10.3.6. TPRD Bağlantı Ağzı

Eğer tüp 1,65 m'den uzunsa tüp ortasına uzatmak için Termik emniyet valfi (TPRD) bağlantısı ağzı kullanılır.

1.10.3.7. TPRD Tahliye Ağzı

Termik emniyet valfinin (TPRD) üzerinde gazın tahliyesini sağlamak için tahliye ağzı bulunur.

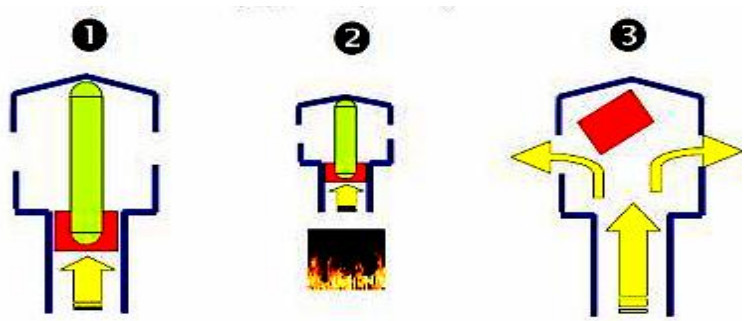
1.10.4. Termik Emniyet Valfleri (TPRD)



Şekil 1.12: Multivalf ve termik emniyet valfi

Multi valf üzerinde bulunan termik emniyet valfi (TPRD)'nin görevi yüksek sıcaklık durumunda sistemi korumaktır. Bu valf 110°C da aktif hale gelir (Çalışması Şekil 1.13'de görülmektedir).

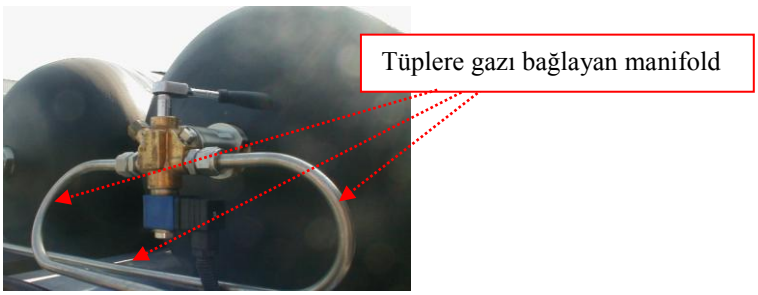
Tüpün uzunluğuna göre ön, arka veya orta termik emniyet valfi (TPRD) olarak birden fazla kullanılabilir. Bu tip termik emniyet valfli (TPRD) sistemlerde ayrıca yüksek basınç tahliye valfi yoktur.



Şekil 1.13:Termik emniyet valfinin çalışması

1.10.5. Tüplere Gazı Bağlayan Manifold

Tüplere gaz dolumunu ve tüpler arası bağlantıyı sağlamak için kullanılan boru sistemine manifold sistemi denir. Yüksek dayanımlı paslanmaz çelik borulardan imal edilmiştir.



Resim 1.15: Tüplere gazı bağlayan manifold

Sistemde bağlantı için kullanılan boruların et kalınlıkları, dolum ağzı - tüpler arası 16 mm, dolum ağzı - motor arası 12 mm, manifold - tüp vanalarına bağlantı için 10 mm özel paslanmaz dikişsiz boru olmalıdır.

1.10.6. Manifold Üzerinde Basınç Sensörü

Tüp ya da tüplerin içerisindeki gazın seviyesini ölçmek için elektronik sistemlerde tüpleri birbirine bağlayan manifoldun üzerinde basınç sensörü bulunur. Özellikle CNG ile çalışan büyük araçlarda kullanılır.

Resim 1.16: Basınç sensörünün bağlantıları

1.10.7. Elektrik Bağlantı Kutusu

Sistemde statik yüklenmeyi engellemek için, araç ile tüp (monte edilmiş parçalar dahil) arasında elektrik ileten, kalıcı bir bağlantı kurulmalıdır. Statik yük, uçan veya kaçan gazın ateş almasına yol açacak bir kıvılcım oluşturabilir.

1.10.8. Yüksek Basınç Boruları

Yukarıda bahsi geçen tüplere gazı bağlayan manifold sistemi büyük araçlarda kullanılır. Otomobillerde ise bu kısma yüksek basınç borusu adı verilir. Her ikisinin de görevi yüksek basınçlı gazın dolum ağzından tüpe ve sisteme ulaşmasını sağlar. Bu boru sistemi de güvenlik açısından standartlara uygun özelliklerde ve dayanıklılıkta olmalıdır.

1.10.9. Yüksek Basınç Sensörü (Şamandıra)

Yukarıda bahsedildiği gibi yüksek basınç sensörü CNG tankı içerisindeki bulunan gazın seviyesini ölçmek için kullanılır. Yüksek basınç sensörü bulunmayan otomobillerde kullanılan CNG sistemlerinde bu görevi; multivalf üzerine monte edilmiş depo içerisindeki gazın miktarını ölçmek ve deponun %80'en fazla dolmasını engellemek için şamandıra sistemi kullanılmıştır.(Resim 1.17)

Resim 1.17: CNG şamandırası

Deponun içerisine dolum ucundan giren gaz giriş supabını geçerek şamandıranın açık tutulduğu kanaldan deponun içerisine dolar. Depo içerisinde seviyenin yükselmesi ile şamandıra yukarı kalkar. Depo içerisinde gaz miktar %80'e geldiğinde şamandıra, depo içerisine gaz alınan kanalı kapatarak içeri gaz girişini engeller. CNG depolarında şamandıra devresi bulunmamaktadır. Sistemdeki basınca göre depo içerisinde mevcut gaz seviyesi belirlenir.

1.10.10. Borulama ve Aksesuarları

Resim 1.18: CNG aksesuarları

Sistemde kullanılan tüm malzemenin ECE R110 sertifikası olmak zorundadır.

Borulama yolcu kabininden geçerse üst ucu havaya açık bir borunun veya özel bir sertifikalı hortumun içinden geçmelidir.

1.10.10.1. Bağlantı Parçaları

Borular birbirine boru sistem ile yani çift yüksüklü sıkılan bağlantı parçaları ile bağlanır. Bağlantı parçaları ve kullanılan tüm malzeme paslanmazdan imal edilmiştir. Dişleri özel gaz dişidir.

1.10.10.2. Basınç Sensörü

Yukarıda bahsedildiği gibi basınç sensörleri depodaki ve sistemdeki gazın basıncını tespit etmek ve CNG ECU'suna bildirmek için kullanılır.

Gösterge ise depodaki gaz miktarını sürücüye bildirmek için kullanılmaktadır.

1.10.10.3. Manometre

CNG sitemlerinde depo içerisindeki gaz miktarı sistemde bulunan bir manometre vasıtası ile yapılmaktadır. CNG yakıt sistemlerinde manometredeki basınç bize depodaki gaz miktarını vermektedir. Depodaki gaz miktarı maksimum 250 barı göstermektedir. Sistem basıncı 25 barın altına düştüğü zaman otomatik olarak diğer yakıt sistemi çalışmaya başlamaktadır.

1.10.10.4. Filtre

Filtre, motor- gaz yolundadır ve motor ile regülatör istikametine giden gazı filtre eder.

1.10.10.5. Çek Valf

Çek valf dolum ağzından giren gazın geri kaçmasına engel olur.

1.10.10.6. Braketler

Braketler CNG sistem elemanlarını aracın uygun bölgelerine bağlantı yapmak için kullanılır.

1.10.11. CNG Regülatörü

1.10.11.1. Görevi

Regülatörler araç motorunun yakınına konulur ve yüksek basınç ile gelen CNG burada motor çalışma basıncına kadar indirilir. Regülatörler, motor çalışma basınç aralığında önceden ayarlanır ve sabitlenirler.

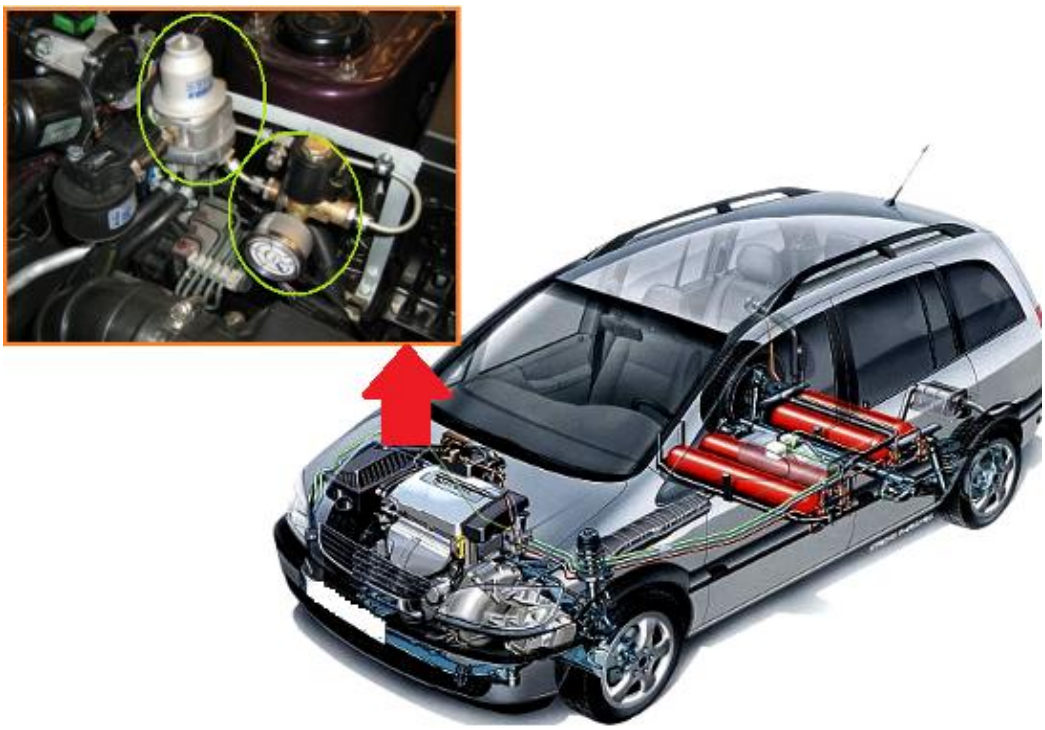
Resim 1.19: Farklı yapılardaki CNG regülatörü

1.10.11.2. Yapısı

Regülatörün elektronik ve vakumlu olarak iki tipi vardır.

Vakumlu regülatörler LPG sisteminde kullanılan regülatörler ile yapı olarak fazla bir farkı yoktur.

Elektronik tip regülatörlerde ise gövde ve kapak tamamen kompozit alüminyum malzemeden yapılmıştır. Su ısıtma odası, gaz odasından su/gaz muhafaza koşulu sağlanarak ayrılmıştır. Diyafram, contalar, yaylar, ECE R67.01 standartlarına göre CNG kullanımına uygun materyalden yapılmıştır. Test basıncı 67,5 bardır. (LNG regülatörü için) Kademe çıkışında gaz akımının tamamen kapatılması bir elektro valf ile yapılır.



Resim 1.20: Otomobil üzerinde CNG regülatörü ve basınçölçer manometre

1.10.11.3. Özellikleri

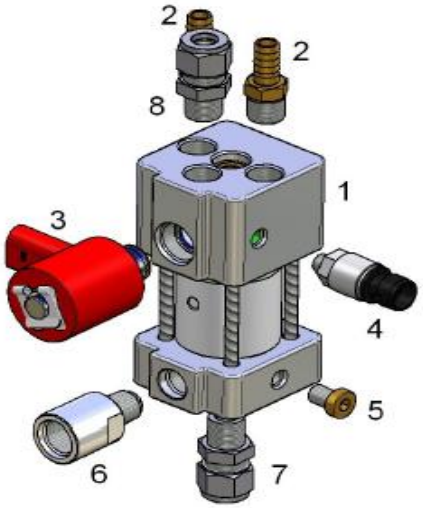
Elektronik regülâtörde, karbüratöre giden hat kontak ile birlikte çalışır. Gaz hattı açık olsa bile elektro valf ile gazın motora akışı kesilir.

Gaz akış sisteminde, gaz basınç regülâtöründen önce bir yüksek basınç manyetik kapama valfi vardır. Bu valf, motor elektronik sistemi tarafında, devir sayısı alt sınır değere ulaştığında ya da ek ısıtma sistemi tarafından çalıştırılır.

ECE R110'a uygun sistemlerde, bu valfin yerine, her gaz tüpünü açıp kapayan valf vardır. Bu valfler, farklı üreticilere ait olabilir. Emniyet tapalı elektromanyetik kapama valfi, akış sınırlayıcı, elle kapama vanası ve patlama plakası bu valflere entegre edilmiştir.

Regülatörün aktif hale geçebilmesi için üzerinde bulunan selenoid valfe tüp üzerindeki selenoid valfe gelen aynı akım uygulanır. Normal pozisyonları kapalıdır.

Regülatör motor soğutma suyunun sıcak devresine bağlanır ve motora giden doğal gazın mümkün olduğu kadar 15°C civarında gitmesi sağlanır. Ancak, motor soğuk olsa bile doğal gaz, gaz fazında bir yakıt olduğu için dış hava sıcaklığı ne olursa olsun motor çalışır. Ön ısıtmaya gerek yoktur.



Şekil 1.14: CNG elektronik regülatörünün kısımları

1. Basınç regülatörü
2. Isı değiştirici
3. Selenoid valfi kapatma
4. Yüksek basınç vericisi
5. Fiş (alçak basınç verici noktası)
6. Emniyet valfi
7. Çıkış sıkıştırma halkalı rekor
8. İntel sıkıştırma halkalı rekor

Motorun talep ettiği basıncı regülatör hızla adapte olarak sağlar.

1.10.11.4. Kontrolleri

Belirli periyotlarda CNG regülatörleri, ilk çalışma, rölantide çalışma ve araç motorunun çalışma performansı test edilirken koku yönünden de kontrol edilmelidir.

1.10.11.5. Arıza ve Belirtileri

CNG ile çalışan araçta muhtemel regülatör arızalarını şu şekilde sıralamak mümkündür:

- Regülatörün hava ayarı veya gaz ayarı bozuk olabilir.
- Regülatör sıcak su girişi tıkalı veya regülatörde hava vardır.
- Regülatör radyatörden daha yükseğe monte edilmiştir.
- Regülatör diyaframı özelliğini kaybetmiş veya uygun olmayan malzemeden imal edilmiş diyafram kullanılmıştır.
- Regülatör içerisinde tortu ve pislik birikmiştir.

CNG ile çalışan araçta muhtemel regülatör arızalarının belirtilerini de şu şekilde sıralamak mümkündür:

- Aracın CNG'de çok yakması,
- Aracın geç çalışması,
- CNG'de rölanti problemi olması,
- CNG'li aracın koku yapması,
- Araç motorunun CNG'de kesiklik yapması,
- Aracın CNG 'de çekmemesi.

1.10.12. Alçak Basınç Borusu ve Esnek Hortum

Havalandırma sistemi, bu tür yakıt sistemine sahip araçlar için çok önemli bir emniyet tedbiridir. Bagaj içerisinde bulunan deponun sürekli havalandırılması gerekmektedir. Depo üzerinde bulunan multivalf havalandırma kabının içerisine yerleştirilir. Havalandırma kabının ağzı bagajın altından dış havaya açılmaktadır. Sistemde her hangi bir gaz kaçağı olduğu zaman, sistem bu kapak üzerinde bulunan havalandırma hortumundan gazı tahliye eder.

Resim 1.21: Esnek hortumlar

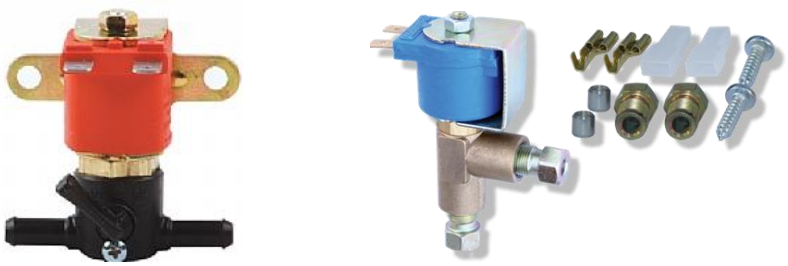
1.10.13. Yakıt Seçme Anahtarı ve Elektrik Bağlantıları

Resim 1.22: Örnek yakıt seçme anahtarı (Göstergeli ve göstergesiz)

Yakıt seçme anahtarı ve gösterge, aracın kullanılacağı yakıtı seçmek için ve depodaki gaz miktarını sürücüye bildirmek için kullanılmaktadır.

1.10.14. Benzin Kesici Elektro Valfi

Elektronik olmayan regülatörlerde sistemin CNG ile çalıştığı durumlarda benzini kesmek için benzin kesici elektro valf kullanılır. Resim 1.23'de benzin kesici ve CNG kesici elektro valfler görülmektedir.



Resim 1.23: Benzin kesici ve CNG elektro valfi

1.10.15. Elektronik Kontrol Ünitesi (ECU)

ECU'nun özellikleri şunlardır:

- Araç ECU ile ortak çalışması
- Parametre ayarları
- Gaz düzenlemeleri
  - Sistem Basıncı
  - Gaz Sıcaklığı
  - Motor Suyu Sıcaklığı
  - Lamda Düzenlemesi
  - Gaz Kesme anı-Cut-off
  - Geçiş zamanı hassasiyet ayarı
  -

Bu ECU'da, benzin püskürtmeli Motronic modeli esas alınmıştır. ECU, CNG enjektörlerine ayrı tahrik kademeleri vasıtasıyla kumanda eder. Torkla yönlendirilen kumanda, CNG işletimine özgü işlevlerin basit bir biçimde entegre edilebilmesine olanak tanır.

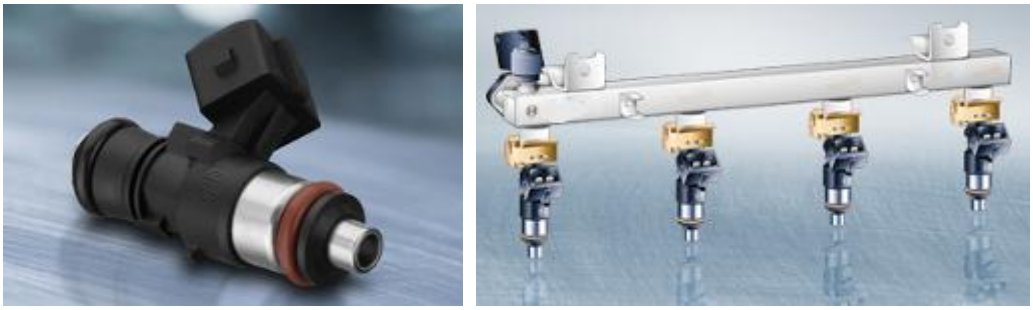
Bazı sistemlerde her iki yakıt sisteminin çift yakıtlı bir ECU'da birleştirilmesi sayesinde örneğin, daha düşük kablolama maliyetleri ve ikinci ECU'ya gerek kalmaması dolayısıyla maliyetten tasarruf gibi çeşitli avantajlar elde edilir. Ayrıca, sistem bir bütün itibarıyla önemli ölçüde bir optimizasyon potansiyeline sahiptir.

Resim 1.24: CNG ECU'su

Tek ECU kavramının içerdiği bir diğer avantaj da, her bir çalışma konumunda, benzinli ve CNG'li çalıştırma arasında torkta herhangi bir sıçrama olmaksızın koordineli geçiş yapılabilmesidir.

1.10.16. CNG Enjektörü ve Rail

CNG enjektörleri, otomotive yönelik CNG püskürtmenin taleplerini karşılamak üzere özel olarak üretilmiştir. Bir dizi teknik yenilik içeren enjektörler, gaz ölçümünde bir kıstas teşkil eder. İçlerinden gaz akan bileşenler yüksek gaz hacimleriyle ve yüksek hızda gaz geçişine dayanacak şekilde tasarlanmıştır. Kısılma noktasından önceki basınç kayıpları ve çalışma gürültüsü özel bir akış kılavuzu sayesinde minimum düzeydedir.



Resim 1.25: CNG enjektörü ve ortak rail

Standart bir tahrik aşaması vasıtasıyla tetiklenebilen selenoidin yüzeyi, içinde yağ barındırmayan gazla kullanılması esnasında aşınmasını önlemek üzere özel olarak kaplanmıştır.

Özel tasarımıyla daha önceden bilinen tüm gaz enjeksiyon valflerinden kat kat üstün olup, mevcut emme manifoldlarının geometrisine kolaylıkla entegre edilebilir.

1.11. Doğal Gaz (CNG)Yakıt Sistemleri Montaj Yönetmeliği

Araçların CNG dönüşümünde uyulması zorunlu olan standartlar ve kurallar vardır. ECE R110 Teknik Düzenlemesi, CNG donanım parçalarının teknik özellikleri ve CNG donanımlı araçlarla ilgili genel hükümleri belirlemektedir.

Türkiye'deki mevcut yönetmelik gereği sonradan dönüşümlerle takılan tüm CNG parçalarının ECE R110 standardına göre onaylı olması gerekmektedir.

Yönetmelik içeriğinde müsaade edilen tadilatlar kapsamında 18 adet tadilat tanımlanmış olup mevcut araçların yakıt sisteminin CNG'ye tadilatı ilgili maddede tarif edilmiştir.

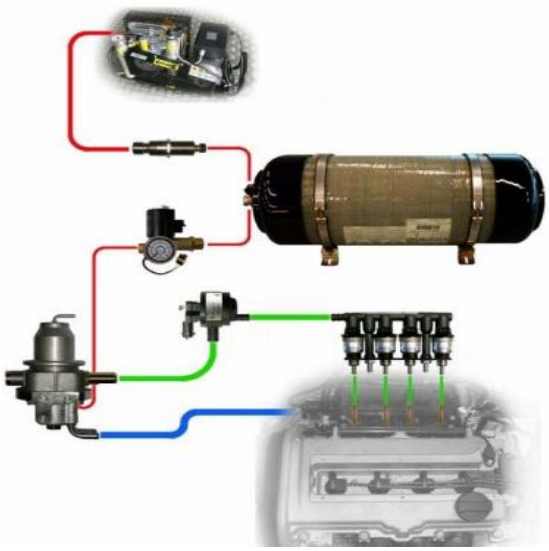
Bir araç üzerinde imalatından sonra veya hizmet süresinde, aracın niteliğini değiştirecek şekilde yapılan işlem tadilattır. Aşağıdaki talimatlara göre hareket edilmelidir.

- Yakıt sistemi tadilatı, Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomik Komisyonu'nun (BM/AEK) 1958 Cenevre Antlaşması çerçevesinde yayımlanan ECE R67 Regülasyonu ve ECE R110 Regülasyonunda belirtilen emniyet ve teknik esaslar dikkate alınarak, araçlarda alternatif yakıt olarak kullanılmak üzere, Sıkıştırılmış Doğal Gaz (CNG) tadilatı yapılabilir.
- Araçlarda kullanılan aksam ve parçalar; yakıt olarak CNG kullanılacak araçlarda ECE R110 regülasyonunda belirtilen teknik esaslara uygun olmalıdır.
- Firmalar, tadilat işlemlerini yaptıkları işyerleri için, Türk Standartları Enstitüsü'nden (TSE) Hizmet Yeterlilik Belgesi almak zorundadır.
- Firmalar, aksam ve parçaları prototip araç üzerine montajını yaptıktan sonra, Otomotiv Ana Bilim Dalı olan Üniversiteler veya TSE'den "Yakıt Sistemi Uygunluk Raporu" alacaklardır.
- Bakanlık veya bakanlığın yetki verdiği kuruluştan yetki belgesi almış makine mühendislerine çizdirilen tadilata ait projeler bakanlık veya yetki verdiği kuruluşça onaylanır.
- Tadilat yapılan araçlarda eski, kullanılmış, standart dışı malzemeler kullanılamaz.
- Araçlarda CNG dönüşüm işlemleri, projesine uygun ve dönüşümle ilgili eğitim almış uzman kişilerce yapılacaktır.
- Seri tadilat olarak CNG dönüşüm montaj işlemlerini yapan firmalar için, yukarıdaki belirtilen hususları sağlamak kaydıyla, bakanlık veya bakanlığın yetki verdiği kuruluş tarafından "Araçların İmal, Tadil ve Montajı Hakkında Yönetmelik (AİTM) Tip Onay Belgesi" verilir.
- Münferit olarak CNG dönüşümü yapılan araçlar için, yukarıdaki belirtilen hususları sağlamak kaydıyla, bakanlık veya bakanlığın yetki verdiği kuruluş tarafından "Münferit Araç Uygunluk Belgesi" onaylanır.
- CNG yakıt sistemi tadilatı yapılan araçların trafiğe tescil edilebilmesi için Makine Mühendisleri Odası'ndan (MMO) veya Otomotiv Ana Bilim Dalı olan üniversitelerden, aracın montajının projesine uygun olarak yapıldığına dair "Montaj Tespit Raporu" ve "Gaz Sızdırmazlık Raporu"nun alınması gereklidir.

- Türkiye Şoförler ve Otomobilciler Federasyonu'ndan veya Makine Mühendisleri Odası'ndan temin edilen, üzerinde CNG yazısı bulunan yansıtıcılı (reflektif) etiketler, araçların ön ve arka camlarının sağ üst köşelerine yapıştırılacaktır.
- Yakıt sistemi tadilatla, CNG'ye dönüştürülen araçların trafiğe kayıt ve tescil işlemleri, Karayolları Trafik Kanunu'nun 32. maddesine ve bu yönetmelik esaslarına göre yapılacaktır.
- Araçlarda yakıt sistemi dönüşümü ile ilgili her türlü teknik ve mali sorumluluk; araç projelerini hazırlayan makine mühendislerine, "Yakıt Sistemi Uygunluk Raporu"nu veren kuruluşa, aksam ve parçaları imal veya ithal eden firmalara, dönüşüm montajı yapan firmalara aittir.
- CNG yakıt sistemine dönüştürülen araçların periyodik muayenelerinde; TSE, MMO veya Otomotiv Ana Bilim Dalı olan üniversiteler tarafından düzenlenmiş "Gaz Sızdırmazlık Raporu" aranır. İl merkezi belediye hudutları dışındaki yerlerde araç muayene istasyonları tarafından da "Gaz Sızdırmazlık Raporu" düzenlenebilir.
- Bakanlıktan veya yetki verdiği kuruluştan kendi firmaları adına AİTM "Tip Onay Belgesi" alan firmalar, belgelerini diğer firmaların araç dönüşüm işlemlerinde kullandırdıkları takdirde, bu firmaların belgeleri iptal edilir.
- CNG yakıtı kullanan araçlar kapalı garajlarda park edilemez.

1.12. Doğal Gazlı (CNG)Yakıt Sisteminin Montajının Yapılışı

Karbüratörlü motorlarda CNG kullanılması için karbüratörün alt ve üst kısmında mikser, içinde belirli çapta delik açılmış bilezik kullanılmaktadır. Karbüratörün yapısından dolayı mikserler değişiklik arz etmektedir.



Şekil 1.15: Montaj örneği

CNG montajının yapılışı uygulama faaliyetinde tarif edilmiştir.

1.13. Montajda Dikkat Edilecek Hususlar

Montaj, bakım, servis bölgelerinde iş güvenliğine ilişkin alınmış teçhizat önlemleri yeterli olmadığı için, sızdırmazlığı sağlanmamış doğal gazlı araçlar bu bölgelere hiçbir şartta sokulmamalıdır. Bu araçlar ya açık alana ya da gaz sistemi için uygun olan tamir bölgelerine sevk edilmelidir.

Doğal gazlı araçlar üzerinde yapılacak tüm işlemler sırasında araç, ilgili uyarı işaretleriyle ön ve arka kısmından güvence altına alınmalı ve mümkünse kırmızı-beyaz bir bantla aracın çevresi kapatılmalıdır.

Şekil 1.16: CNG ikaz işareti

Elektronik sistemlerin ateşleme kapasiteleri konvansiyonel sistemlerdekilere göre daha yüksektir. Dolayısıyla elektronik ateşleme sistemleri, akım taşıyan komponentlerin temasıyla beraber son derece büyük tehlikeler oluşturan gerilim bölgelerinde çalışırlar. Ateşleme sisteminde motor test cihazlarının bağlanması ve ateşleme sistemindeki parçaların değişimi gibi işlemler yapılırken ateşleme daima devre dışı bırakılmalıdır. Akım ölçümleri sadece uygun ölçüm cihazlarıyla yapılmalıdır. Ölçüm cihazının giriş direnç değeri en az 10 MΩ olmalıdır. Kısa devre yapılmamalıdır.

Yangın durumunda açığa çıkan gaz alevleri söndürülmemeli, tam tersine yanan nesne soğutulmalıdır. Gereken şekilde tanımlanmış olan basınçlı doğal gaz tüplerinin, dolum tabancalarının ve depolama tanklarının vanaları kapatılmalıdır.

Bu tür bir yanma esnasında alevlerin çevreye yayılması durumunda normalde yapıldığı gibi yangın söndürücü yardımıyla mücadele edilmelidir. Yakında bulunan araçlar anında tehlike bölgesinden uzaklaştırılmalıdır.

Bir yangın çıkması durumunda, kendi söndürme çabalarınızla beraber hemen itfaiyeye haber verilmeli ve daha sonra yangınla mücadele sürdürülmelidir. Tehlikedeki kişilere hemen yardım edilmelidir. İnsanların kurtarılması yangınla mücadeleden önce geldiği unutulmamalıdır. Gereken şekilde tanımlanmış olan dolum tabancalarının ve depolama tanklarının vanaları kapatılmalıdır. Elektrik tesisatının ana şalteri de kapatılmalıdır.

Montaj atölyesinde dikkat edilecek hususlar:

- Gaz sistemi üzerindeki çalışmalar sadece özel tasarlanmış, teknik havalandırmaya sahip ve ateş kaynağı içermeyen bölgede yapılmalıdır.
- Gaz sisteminin montaj işleminden sonra yaklaşık 20 bar basınç ile uzman kontrolör tarafından sızdırmazlık testi yapılmalıdır.
- Doğal gaz sadece açıkta ve 5 m yakınında ateş kaynağı olmayan bir bölgede tahliye edilmelidir.
- Özel korunma önlemleri alınmazsa gaz ihtiva eden komponentlerin 1 m çevresinde alevli çalışmalar yapılamaz.
- Gaz sistemi arızalanmış doğal gazlı araçların çekilebilmesi için çekme arabası hazır bulundurulmalıdır.
- Gaz sisteminde herhangi bir kaçak olursa araç hemen kendi gücüyle ya da çekilerek atölye dışına alınmalı, atölye havalandırılmalı; yanan gaz söndürülmemeli ve itfaiye aranmalıdır.
- İşletme talimatı atölye personeli tarafından biliniyor olmalıdır.
- Doğal gazlı araçlarda tamir işlerinin yapılması için özel uzmanlar ve uzman kontrolörlere ihtiyaç vardır.

1.14. Montajdan Sonra Yapılan Kontrol ve Ayarlar

Multivalf üzerindeki giriş-çıkış vanaları açılarak yüksek basınç boruları rekorlarında ve bağlantılarında kaçak kontrolü yapılmalıdır. Bu işlem için CNG tankı 3-5 litre CNG ile doldurulmalı ve dolum işlemi kontak anahtarı kapalı iken yapılmalıdır.

Motor CNG yakıtı ile çalıştırılarak yeniden kaçak kontrolü yapılmalıdır. Montaj sonrasında, tüm muhafazalı kauçuk ve çelik gaz borularının, bunları aşındıracak herhangi bir parça ile temas edip etmediği ve gaz kaçağı oluşturup oluşturmadığı kontrol edilmelidir.

CNG dönüşümü yapılmış bir araçta ilk montaj anında, sistemin orijinal ECU ile CNG ECU'sunun eşleştirilmesi yapılmalıdır. Eşleştirme esnasında benzin enjektörlerinin çalışması ve diğer verilerin daha doğru gelebilmesi için CNG ECU'sunun yüklenmesi gerekmektedir. Bu yükleme, sistemin ilk kurulumu esnasında yapılmaktadır. Test cihazı ile CNG ECU'sunun işlemcisine gerekli bilgiler yüklenir ve sistem bundan sonra sürekli bu bilgileri kullanmaktadır. Aracın aküsü yerinden uzun süre çıkartılırsa bu bilgiler silinebilir ve tekrar test cihazı ile yüklenmesi gerekmektedir.

Teknolojin ilerlemesi ile CNG sisteminde kullanılan ECU'lar kendi kendini yüklemektedir. Sistemin montajı tamamlandıktan sonra sistem yakıt seçme anahtarında CNG pozisyonuna alınır. Sistem motoru otomatik olarak benzin ile çalıştırır. Benzin ile çalışma esnasında ilk 60 saniye içinde doğal gaz sisteminde bulunan ECU sistem bilgilerini güncelleyerek motorun birkaç dakika içinde otomatik olarak CNG ile çalışması sağlanmaktadır. Motorun her durdurulup çalıştırılmasında bu işlem tekrarlanır.

UYGULAMA FAALİYETİ

Doğal gazlı (CNG) yakıt sisteminin montajını yapınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
➢ Boru ve bağlantı elemanlarını hazırlayınız.	➢ Dikkatli ve hassas çalışınız. ➢ Temiz ve düzenli olunuz. ➢ Devre şeması okumasını öğreniniz. ➢ Kullanacağınız bütün CNG sistemi elemanlarının ECE R tüzüğüne uygun olduğundan emin olunuz. ➢ İş güvenliği kurallarına dikkat ediniz ve uygulayınız. ➢ Güvenlik eldivenleri giyiniz.
➢ Deponun, dolum ağzının ve multivalfin montajını yapınız. 	➢ Deponun basınçsız olması gereklidir. ➢ Tüplerle çalışırken etiketin iyi bir durumda ve okunabilir kalmasına dikkat edin. ➢ Tüpün hangi gaz için öngörüldüğünü tespit ediniz. ➢ Tüplerle çalışırken ellerinizin temiz olmasına, ellerinizde aşındırıcı taneciklerin (kum), sıvı veya katı yağ olmamasına dikkat ediniz. Böylece hem elinizden kayma tehlikesi hem de tüpün iç kısımlarının kirlenme tehlikesi minimize edilmiş olur. ➢ Tüpün üzerine basmayınız. Eğer tüpün üzerine basmanız kaçınılmaz ise, ayakkabılarınızın tüpün yüzeyinde çizik oluşturmadığına emin olunuz. ➢ Tüpleri kaldırırken valflerinden, tapalarından, contalarından, güvenlik tertibatlarından veya boru hatlarından tutmayınız. ➢ Özellikle tüplerin aşağı düşmemesine büyük itina gösteriniz. Çünkü bu durumda hem personel yaralanabilir hem de tüpler hasar görebilir. ➢ Valfi veya tapayı tüpün boynuna elle monte ediniz.

➢ Kesici vanaların montajını yapınız.	➢ Valfin veya son tapanın ve karşı parçanın yivlerinin hasarsız olduğundan emin olunuz. ➢ Yivleri temizleyici bir madde ve bir plastik fırça ile temizleyiniz. ➢ Yivleri kuru bir bez ile kurulayınız. ➢ Yivlerin ve O halkasının sızdırmaz alanının temiz olduğundan emin olunuz.
➢ Regülatörün ve manometrenin montajını yapınız. 	➢ Aşağıdaki resimlere uygun olarak çalışınız.
➢ Doğal gaz enjektörlerini emme manifolduna montajını yapınız. 	➢ Aşağıdaki resimlere uygun olarak çalışınız.

➢ Boru bağlantılarını yapınız.

➢ Kullanılacak boruların ECE R standartlarına uygun olmasına dikkat ediniz.

➢ Boruların motora bağlantısı bittiğinde hepsinin aynı boyda olmasına dikkat ediniz.

➢ CNG railine nozulları bağlayınız.
➢ Bütün bağlantılarda sızdırmazlık için sıvı conta kullanınız.

- CNG ortak railini motor üzerine uygun bölüme bağlayınız.

-

- Filtrenin montajını yapınız

- Filtreyi giriş ve çıkışına dikkat ederek montaj yapınız.

- CNG ECU'nun montajını yapınız.

- CNG ECU'sunu araç üzerinde orijinal braketlerini kullanarak bağlayınız.

➢ Kablo bağlantılarını hazırlayınız ve yapınız. 	➢ Kablo bağlantılarında standartlara uygun soket kullanınız. ➢ Enjektörlerin elektrik bağlantılarını numaralarına uygun olarak takınız.
➢ Kumanda düğmesinin montajını yapınız. 	➢ Yakıt seçici kumanda düğmesini şürüh mahalinde resimde olduğu gibi uygun yere monte ediniz.

➢ CNG sistemi elektrik devresinin sigortasının montajını yapınız.	➢ Resimde görülen kablo demeti üzerindeki yerine CNG sigortasını takınız.
➢ Sisteminin test ve ayarlarını yapınız. 	➢ Sistemin sızdırmazlık testini yapınız. ➢ Test ve ayar işleminde uygun diagnoztik cihaz kullanınız. ➢ CNG sistemini yol testi ile de son kontrollerini ve ayarını yapınız.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyarak doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Türkiye'deki mevcut yönetmelik gereği sonradan dönüşümlerle takılan tüm CNG parçalarının hangi standarda göre onaylı olması gerekmektedir?
A) ISO 9001
B) TS
C) ECE R110
D) CE
E) DIN

2. Araçlarda bulunan CNG tankları kaç yılda bir değiştirilmelidir?
A) 5
B) 10
C) 20
D) 30
E) 40

3. CNG'nin tamamına yakını hangi gazdan oluşmaktadır?
A) Metan
B) Etan
C) Bütan
D) Propan
E) Helyum

4. Aşağıdakilerden hangisi doğal gazın özelliklerinden birisi değildir?
A) Doğal gaz saf halinde iken renksiz, kokusuz ve tatsız bir gazdır.
B) Fiyatı ucuzdur.
C) Araçlarda kullanıldığında çevreyi fazla kirletmez.
D) Yanma verimi çok yüksek olan bir gazdır.
E) Oktan sayısı yüksektir.

5. Aşağıdakilerden hangisi termik emniyet valfi (TPRD)nin görevidir?
A) Yüksek basınçtan sistemi korumak
B) Gaz kaçaklarından sistemi korumak
C) Yüksek sıcaklık durumunda sistemi korumak
D) Benzinle çalışırken gazı kesmek
E) Sistemde yüksek basınç oluştuğunda basıncı düşürmek

Aşağıda boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise D, yanlış ise Y yazınız.

6. ( ) LNG; kokusuz, renksiz ve zehirli olmayan, sıvı fazda bir yakıttır.
7. ( ) Doğal gazın, Otto motorlarında yakıt olarak kullanılmasında yarar sağlayacak en önemli özelliği oktan sayısın yüksek oluşudur.
8. ( ) CNG' nin dizel motorlarda kullanılması; dizel motoru benzinli motor çalışma biçimine dönüştürülüp bir ateşleme sistemi yerleştirilerek ve sıkıştırma oranı düşürülerek kullanılması tercih edilen bir yöntemdir.
9. ( ) CNG' nin dizel motorlarda kullanılması; çift yakıt sistemi uygulaması ile sıkıştırılan karışımın pilot yakıtla tutuşturulması yöntemi tercih edilen bir yöntemdir.
10. ( ) Araç motorunda CNG' nin yakıt olarak kullanılması silindir cidarlarında karbon birikimine sebep olur.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ–2

AMAÇ

Doğalgazlı (CNG) yakıt sisteminin ayarlarını yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Doğalgazlı (CNG) yakıt sisteminde bakım ve ayar işlemlerinin yapılışını inceleyiniz.

2. DOĞAL GAZ (CNG) YAKIT SİSTEMLERİNİN AYARLARI

2.1. Doğal gaz (CNG) Yakıt Sistemlerinin Arızaları ve Belirtileri

Doğal gaz yakıt sisteminde aşağıda belirtilen arızalar ile karşılaşabiliriz:

- Dolum sistemi (dolum ağzı) tek yönlü valfi gaz kaçırıyordur.
- Dolum basıncı manometresi arızalanmış ve tutarsız değer göstermektedir.
- Filtre tıkanmıştır ve gaz geçişini yeterince sağlayamıyordur. Özellikle yüksek devirlerde ve güç durumunda geçen yakıt yetersiz gelmektedir.
- Herhangi bir tehlike durumunda motor stop sensörü motoru stop etmemektedir.
- Tüpleri yerine sabitlerken gevşek ve hatalı bağlantılar olabilir.
- Manuel valf devreyi açıp kapatmamaktadır veya gaz kaçağı vardır
- Selenoid valf devreyi açıp kapatmamaktadır veya gaz kaçağı vardır
- Aşırı akım valfi arızalanmıştır ve elektrik sistemi sürekli arızalanmaktadır.
- Termik emniyet valfi (TPRD) yüksek sıcaklıklarda devreyi korumaya alamamaktadır.
- Tüpleri birbirine bağlayan manifold sisteminde gaz kaçağı vardır.
- Manifold bağlantı borularında dış etkilerden dolayı hasar oluşmuştur.
- Manifold üzerinde basınç sensörü düzgün değer ölçemiyordur ve sürekli arıza vermektedir.
- Elektrik bağlantı kablolarında ve bağlantı soketlerinde ezilme ve gevşeklikler kısa devre yaptırmaktadır.
- Yüksek basınç borularında ezilme ve bağlantı rekorlarında sızıntı olmaktadır.
- CNG regülatörü doğal gazı, gaz fazına geçirememektedir.
- Alçak basınç borusu ve esnek hortumlarda ezilme, sızıntı ve aşıntı vardır.
- Yakıt seçme anahtarı ve elektrik bağlantılarında temassızlık vardır
- Benzin kesici elektro valfi benzini kesmemekte ve motor zengin karışımla düzensiz çalışmaktadır.
- Elektronik kontrol ünitesi devrelerinde ve soketlerinde arıza nedeniyle sistem düzensiz çalışmaktadır.

CNG sisteminin can güvenliği açısından en önemli parçası olan tüplerdeki/tanklardaki arızaları biraz daha ayrıntısı ile inceleyelim. Kullanım ömrünü tamamlamamış CNG sisteminde tankların arızaları genelde hasar şeklinde olur ve belirtileri de şunlardır:

- **Darbe hasarı**

Bir darbe hasarı kaplama yüzeyi altında bulunabileceğinden, duruma göre zor tespit edilebilir. Değerlendirmede özellikle hasar nedeni ve gelişimi de dikkate alınmalıdır. Darbe hasarı olan tüplerin kullanımına devam edilip edilmemesi kararı işleticinin sorumluluğundadır.

Örneğin tüpün bir kenar üzerine düşmesi neticesinde ortaya çıkabilecek hasarlar gibi, keskin kenarlı objelerin oluşturduğu darbe hasarları tüpün zorlanmasına sebebiyet vermektedir.

Tüp üzerinde yarıklar, yassı bölgeler, kaplamada kırılma veya soyulma, ince çatlaklar görülür ise tüpü kullanımdan kaldırılarak kullanılmaz hale getirilir.

Resim 2.1: Tank üzerindeki darbe hasarı

Sadece dış saf reçine tabakası üzerindeki ince çatlakların laminat kaplama özelliklerini etkilemez.

- **Kesme hasarı**

Kaplamadaki kesiklerin veya yarıkların değerlendirilmesi bunların derinlikleri ve uzunlukları bazında yapılır. Burada bir çentiğin uzunluğu, lif yönüne dikey olan toplam uzunluğudur. Bir çentik örneğin lif yönüne çapraz uzanıyorsa, bu durumda bu kertiğin lif yönüne dikey "izdüşümlü" uzunluğu tespit edilir.

Sadece dış saf reçine tabakası üzerindeki kesiklerin kaplama özelliklerini etkilemez.

Resim 2.2: Kesme hasarı

Çentik derinliği, çentiğin kaplama içindeki derinliğini ifade eder ve toplam derinlikten reçine tabakasının kalınlığı düşülerek bulunur. Duruma göre, çentik derinliğinin tespiti için saf reçine tabakası, çentiğin bulunduğu yerde dikkatli bir şekilde zımparalanarak giderilmelidir.

- **Sürtme hasarları**

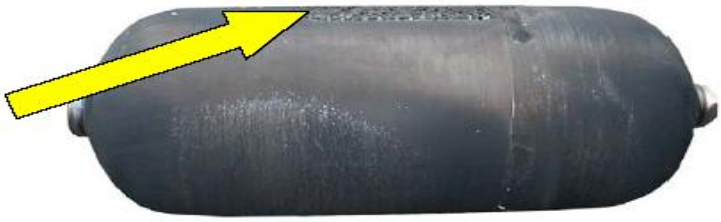
Bir sürtme hasarının değerlendirilmesinde ilgili bölgenin kaplama içindeki hasar derinliği baz alınır. Sürtme derinliği, laminat içindeki en derin çentik veya eksik kaplamanın maksimum kalınlığı ölçülerek, diğer bir deyişle toplam derinlikten reçine tabakasının kalınlığı düşülerek bulunur. Duruma göre, sürtme derinliğinin tespiti için saf reçine tabakası, sürtmenin oluştuğu yerde dikkatli bir şekilde zımparalanarak giderilmelidir.

Sürtme derinliği tam olarak tayin edilemiyorsa, muhtemel bir hasar bölgesi tespit edilir ve sınıflandırma için en kötü durumu hesap edilir.

Resim 2.3: Sürtme hasarı

- **Ateşe ve aşırı sıcağa bağlı hasarlar**

Bu konuda apaçık bir belirti göstermese de, tüp ateşten veya aşırı sıcaktan dolayı hasar görmüş olabilir. Bu nedenle, önerilen süreçlere uyulması önemlidir. Örneğin ateş veya aşırı sıcağın etkisiyle bağlantılı olmayan pisliği gidermek için önce etkilenen kısmı temizlenmelidir.



Resim 2.4: Ateşe bağlı hasar (3. derece)

Ateşe veya aşırı sıcağa bağlı hasar belirtileri taşıyan tüpler, etkilenen kısmın boyutuna bakılmaksızın kullanımdan kaldırılmalı ve kullanılmaz hale getirilmelidir.

- **Hava etkisine bağlı hasarlar**

Etkilenen kısım, yanlış değerlendirmeye yol açabilecek pisliği veya diğer maddeleri gidermek için, incelemeye başlamadan önce temizlenmelidir.

Resim 2.5: Hava etkisine bağlı hasarlar (1. derece)

- **Kimyasal aşınma**

Etkilenen kısım, hâlâ var olan kimyasal maddeleri veya çözücüleri gidermek için, incelemeye başlamadan önce temizlenmelidir.

Resim 2.6: Kimyasal aşınma (3. derece)

- **Tüplerin onarımı**

Tüp hasarlarının dereceleri imalatçı firma kataloglarına göre değerlendirilerek onarıma karar verilmelidir. Onarımın amacı, nemin veya diğer yabancı maddelerin kaplamanın içine girmesini önlemek için bir koruyucu tabaka uygulanmasıdır. Onarım, tüpün dayanaklılığını artırmaya/tüpü güçlendirmeye yaramaz.

Gerekli malzemelerin listesi:

- Zımpara bezi
- Yassı fırça (yaklaşık. 15 mm genişliğinde)
- Epoksi reçine
- Sertleştirici
- Epoksi reçineyle uyumlu siyah boyar madde veya boya macunu
- Temizlik maddesi veya çözücü

İmalatçı firma ile görüştükten sonra başka reçine sertleştirici sistemler de kullanılabilir.

CNG yakıt sistemi arızalarının temel nedenlerinden biri de, motorun benzin ile çalışmasındaki arızalar ve ayarların bozulmasıdır. Benzin sistemi ile arızalar giderildiğinde ve ayarlar yapıldığında CNG yakıt sistemi arızaları çoğunlukla giderilebilmektedir.

CNG yakıt sistemi bulunan araçlarda karşılaşılan muhtemel Tablo 2.1'de belirtilmektedir.

Arızalar	**Muhtemel Sebepleri ve Belirtileri**
➢ **Araç CNG'de çok yakıyor**	➢ Aracın benzin sarfiyatı yüksektir. Benzin sisteminde arıza teşhisi yapılmalı ve benzin emisyon değerleri kontrol edilmelidir. ➢ CNG takılı olan araç yağ yakıyor veya su eksiltiyorsa motorda arıza vardır. ➢ Supap ayarı bozuktur. ➢ Bujiler çalışma verimliliğini kaybetmiştir. Buji tırnak aralığı fazladır. ➢ Rölanti ve karışım ayarı bozuktur. Karbüratöre fazla hava gidiyor olabilir. ➢ Emme manifoldu veya mikser hava alıyor olabilir. Sistemin hava alması, karbüratörlü motorda karbüratör contası veya hidrovaktan, enjeksiyonlu motorda otomatik hava ayarını sağlayan debimetreden kaynaklanır. ➢ Regülatörün hava ayar vanası çok açılmıştır. ➢ Regülatör sıcak su girişi tıkalı veya regülatörde hava vardır. ➢ Regülatör radyatörden daha yükseğe monte edilmiştir. ➢ Regülatör diyaframı özelliğini kaybetmiş veya uygun olmayan malzemeden imal edilmiş diyafram kullanılmıştır. ➢ CNG kaçağı olabilir. CNG kaçağı olan bölgede buzlanma olur. ➢ Motor herhangi bir sebeple hararet yapmışsa regülatör işlevini tam yerine getiremiyordur. ➢ Hava filtresinin temizliğine ve zamanında değişimine uyulmazsa motor benzin ve LPG pozisyonunda sağlıklı çalışmayacak, gereğinden fazla yakıt harcayacaktır.
➢ **Araç geç çalışıyor**	➢ Buji veya buji kabloları ömrünü tamamlamış, eski veya kalitesizdir. ➢ Avans ayarı bozuktur. Motorun CNG ve benzinde geç çalışmasına sebep olur. ➢ Regülatörün hava ayarı veya gaz ayarı bozuk olabilir.
➢ **CNG'de rölanti problemi var**	➢ Karbüratörlü araçlarda karbüratör kelebeği arızalı olabilir. ➢ Emme manifoldu hava alıyorsa düzensiz rölantiye sebep olabilir. ➢ Buji ve buji kablolarının eski veya kalitesiz oluşu rölanti devrini bozabilir. ➢ Regülatör diyaframları özelliğini kaybetmiştir. Regülatör içerisinde tortu ve pislik birikmiştir.

	➢ Avans ayarının bozuk olması düzensiz rölantiye sebep olabilir. ➢ CNG elektro valfine gelen gerilim düşüktür.
➢ **CNG'li araç koku yapıyor**	➢ Regülatör diyaframları özelliğini kaybetmiştir. ➢ Araçta CNG kaçağı olabilir. ➢ Aracınızın egzozunda patlak veya delik olması araçta CNG kokusunun algılanmasına sebep olabilir. ➢ Aracın radyatöründe delik var veya radyatör tıkalı ise regülatöre yeterli sıcak suyun gelmemesine ve araçta kokuya sebep olabilir.
➢ **Araç CNG'de kesiklik yapıyor**	➢ CNG elektro valflerinde tıkanıklık veya çalışma bozukluğu olabilir. ➢ Regülatör diyaframları özelliğini kaybetmiştir. Regülatör arızalıdır. ➢ Buji veya buji kabloları ömrünü tamamlamış, eski veya kalitesiz olabilir. ➢ Araç CNG'yi kesik kesik alıyorsa gaz filtresi tıkalı olabilir. ➢ Yakıt sisteminde karbüratörde tıkanıklık ve ayarlarında bozukluk olabilir.
➢ **Araç stop ediyor**	➢ Hidrovakda kaçak, aracın stop etmesine sebep olabilir. ➢ Karbüratör hava alıyorsa fren yapınca araç stop edebilir. ➢ Vites boşa alındığında stop ediyorsa hava fazla geliyor olabilir. ➢ Araç CNG'de vites boşta iken frenlemede stop ediyorsa frenler kaçırıyor. ➢ Araç hararet yapmış, radyatörde su kalmamış ise Regülatör diyaframının yırtılmasına sebep olur. Araç CNG'de çalışırken stop etmesine sebep olabilir.
➢ **CNG kaçağı var**	➢ CNG'nin temas ettiği parça üzerindeki buzlanma CNG kaçağına işaret eder. Multivalf giriş ve çıkış vanaları kapatılmalıdır. CNG tankının terlemesi CNG şamandıra arızasına işaret eder.
➢ **Elektronik sistem arızaları**	➢ CNG-benzin geçiş anahtarı arızası varsa şarj sistemi arızalı veya akü fazla şarj edilmiş olabilir. ➢ CNG göstergesi yakıt miktarını göstermiyor ise yakıt seçme anahtarı ve göstergenin veya sensörün şasi bağlantısında problem olabilir. Kablo bağlantısı yanlış yapılmış olabilir. ➢ Enjeksiyonlu araçlarda CNG-benzin geçiş anahtarı otomatik geçiş sağlamıyor ise sinyal alım kablosu bağlantı hatası olabilir.
➢ **Araç CNG 'de çekmiyor**	➢ Avans ayarı düşük ise teklemeye veya çekişten düşmesine neden olacaktır. ➢ Regülatör diyaframları özelliğini kaybetmiştir. Regülatör arızalıdır. Regülatör ayarları bozuk olabilir. ➢ Buji ve buji kabloları, buji tırnak aralığı kontrol edilmelidir. ➢ Supap ayarları sıkı veya gevşek ise yakıt sarfiyatını artırır ve çekiş düşer. ➢ Emme manifoldu hava alıyorsa düzensiz rölanti ve güç düşüklüğüne yol açar.

Tablo2.1: CNG ile çalışan araç için yakıt sisteminin muhtemel arızaları, sebepleri ve belirtileri

2.2. Doğal Gaz (CNG) Yakıt Sistemleri Kontrolleri

Benzin yakıt sisteminin hortum ve bağlantıları sızdırmazlık yönünden kontrol edilmelidir. Çatlak, kırık, yıpranmış ve eskimiş hortum ve bağlantılar mutlaka değiştirilmelidir.

CNG yakıt sisteminde ayrıca aşağıdaki kontroller yapılmalıdır.

- Elektrik tesisatı bağlantılarında gevşeklik veya oksitlenme olup olmadığına bakılmalıdır.
- Regülatörde biriken kostik boşaltma tapası açılarak boşaltılmalıdır.
- CNG elektro valfi içerisinde bulunan kâğıt elemanlı gaz filtresi değiştirilmelidir.
- CNG tankı bağlantıları kontrol edilmeli, gerdirilerek tank sabit duruma getirilmelidir.
- Motorun hava filtresi temizlenmeli veya yenisi ile değiştirilmelidir.
- Bujiler sökülerek kontrol edilmeli, km'si geçmiş bujiler değiştirilmelidir.
- Motorun soğutma suyu seviyesi kontrol edilmelidir.
- CNG yakıt sistemi elemanlarının şasi bağlantı noktalarının kontrolü yapılmalıdır.
- CNG tankı, multivalf, dolum ağzı, borular ve bağlantılar kontrol edilmelidir.
- Regülatör soğutma suyu bağlantılarında sızdırmazlık kontrolü yapılmalıdır.
- CNG'li araçlarda, uzun süre benzin kullanılmaması nedeni ile benzin hortumları, karbüratör contaları, şamandıra topu ve benzin otomatiği kuru çalışmadan dolayı deforme olabilir. Benzin yakıt sistemi elemanları kontrol edilmelidir.

Montaj/kontrol ve ayarları tamamlanan CNG'li araç resmi işlemlerinin yapılıp ruhsatına işlenebilmesi için de bazı kontroller ve işlemlerin yapılması gerekir.

Yetki belgeli Serbest Mühendislik ve Müşavirlik Firması (SMM) tarafından CNG dönüşümü yapılır. Araç; yetki belgeli firmanın bağlı olduğu en yakın MMO Gaz Sızdırmazlık Denetim ve Kontrol Noktası'na gider ve araca CNG dönüşümünde eksiklik ve hata bulunmaması durumunda burada araca "Montaj Tespit Raporu" ile "Gaz Sızdırmazlık Raporu" düzenlenir.

CNG gaz sızdırmazlık denetim ve kontrollerinde araçta teknik belgelerde tanımlı ve yetkili firma tarafından mühendis denetiminde standartlara uygun malzemelerle dönüşüm yapılıp yapılmadığı, mevcut montajın yürürlükteki mevzuat usullerine uygun olup olmadığı 15 üzere, 85 noktada tek tek kontrol edilmektedir. Bu koşulları yerine getiren montajlara daha sonra her fenni muayene öncesi sızdırmazlık kontrolü yapılarak "CNG Sızdırmazlık Raporu" verilmektedir.

Makina Mühendisleri Odası CNG kontrol noktalarındaki "CNG Araç Yakıt Sistemi" kontrollerinde, araçlara yönelik olarak,

- Araç genel kontrolü
- Montaj tespit belge kontrolü,
- Gaz kaçak kontrolü
- CNG sistem kontrolü
- Gaz enjeksiyon sistemi elemanları kontrolü
- Regülatör (buharlaştırıcı) montaj kontrolü,
- Gaz ayar vidası kontrolü
- CNG valfi ve montaj kontrolü
- Multivalf ve montajı kontrolü
- Sızdırmazlık sistemi kontrolü
- CNG bakır borusu ve hortumu kontrolü
- Tank ve montaj kontrolü
- CNG dolum ağzı montaj kontrolü
- Seçici anahtar kontrolü
- Benzin valfi ve benzin hortum kontrolü,

Olmak üzere 15 başlıkta 85 noktada kontrol yapılmakta ve tamamı uygunluk ya da uygunsuzluk olarak değerlendirilmektedir.

2.3. Doğal Gaz (CNG) Yakıt Sistemlerinin Egzoz Emisyonları

Doğal gaz kullanılan motorların egzoz emisyonlarında, benzin motorlarına göre daha az miktarda karbondioksit, karbon monoksit, nitrojen oksit ve metan bulundurmayan hidrokarbonlar olması için genellikle üç yollu katalitik konvertör kullanılması tavsiye edilmektedir. Fakat doğal gaz motorundan yayılan egzoz emisyonları kullanılan doğal gazın cinsine, kullanılan motor tipine göre de değişmektedir.

Doğal gazlı araçların desteklenmesinin en önemli nedeni çevresel avantajlardır. Lokal seviyelerde emisyonlarda (Hidrokarbon, CO ve NO_x), kükürt ve partiküllerde çok büyük bir düşüş sağlamaktadır. Ayrıca sera etkisi gazlarında da % 20 oranında bir azalmaya sebep olmaktadır.

Yeni nesil doğal gazlı araçların benzinli ve dizel yakıtlı araçlara göre emisyon değerleri şu şekildedir:

- NO_x' de % 77 – 80 azalma,
- CO' de % 76 azalma,
- Benzende % 97'nin üzerinde bir azalma,
- Ozona zararlı hidrokarbonlarda yaklaşık % 90 azalma,
- Partiküllerde % 99 ve üzerinde bir azalma.
- Doğal gaz çevreyi etkileyici toksik ve korozif ürünler üretmediğinden diğer fosil yakıtlara göre en temiz yakıttır.

Doğal gaz motorlarında kirletici emisyonları azaltabilmek için iki farklı prensip düşünülmüştür.

- **Fakir karışımlı doğal gaz motoru**

Hava fazlalık katsayısı 1.5-1.6'ya kadar çıkabilmektedir. Bu durumda NO_x'lerde büyük oranda azalmalar olur. Ancak fakir karışımda motor gücü azalır. Fakir karışımlı motorlarda ön yanma odaları kullanılarak alevin yanma odası içerisindeki yolu kısaltılabilir ve böylelikle yanma hızı normal değerine kadar yükselir. Fakir karışımların güç düşürücü etkisini azaltmanın bir başka yöntemi de aşırı doldurmadır. Sonuç olarak motorun güç ve verimi artar.

- **Stokiometrik karışımlı doğal gaz motoru:**

Bu durumda maksimum güç elde edilebilmektedir. Ancak bu karışım oranında NO_x emisyonu maksimum değerdedir. Egzoz gazı resirkülasyonu (EGR) veya üç yollu katalizör kullanılarak egzoz emisyonu değerleri düşürülmektedir. Fakir karışımlı yüksek yanma hızlı motorlarda; stokiometrik karışım oranlı motorlara göre yakıt tüketimi %15-20 daha azdır. Doğal gaz taşıtlarda kullanıldığında, partikül emisyonlarında geleneksel dizel yakıtlı motorlara oranla %65-90 azalma sağlamaktadır.

Doğal gazın ağır vasıtalarda kullanımı, dizel motorların iyi bilinen problemlerinden biri olan NO_x'lerde %67'ye kadar azalma sağlamaktadır.

Motorlu taşıtlarda yakıt olarak doğal gazın kullanılmasıyla veya az miktarda devreye ilave edilmesiyle egzoz emisyonlarında azalmalar olmaktadır. Büyük şehirlerdeki hava kirliliğinde motorlu taşıtların payının fazlalaşması, egzoz emisyonlarındaki zehirli gazların azalmalarını temin eden doğal gazın kullanımının önemini ortaya çıkarmaktadır. Doğal gazın yakıt olarak motorlu taşıtlarda kullanımı, özellikle şehir trafiğinde seyreden, dizel motorlarında NO_x ve HC emisyonlarında azalmalar, benzin motorlarında da CO ve HC emisyonlarında azalmalar temin edecektir. Doğal gazın karbon oranının, diğer petrol yakıtlarına göre, düşük olması egzoz gazlarındaki karbondioksit oranının azalmasına sebep olacaktır. Ayrıca doğal gaz kullanımı, benzinli taşıtların egzoz emisyonlarındaki zehirli kurşun türevlerini tamamen yok edecektir.

Gerçekte yanma sonu sıcaklığının artmasıyla NO_x emisyonlarında artma gözlenmektedir. Fakat yapılan deneylerde, dizel motorunda ve benzin motorunda, doğal gaza geçilmesi durumunda yanma sonu sıcaklıklarında bir düşme gözlenmektedir. Bu da NO_x emisyonlarında bir azalma sağlayacaktır.

CO emisyonları yanma sonu sıcaklığı, yanma verimi, su buharı miktarı ve NO_x emisyonlarının oluşumu ile ve hava fazlalığı ile değişim göstermektedir. İyi bir yanma ile CO miktarında düşmeler görülür. Zengin karışımlarda, CO emisyonlarında artmalar gözlenir. Hava katsayısının belirli değerleri arasında sıcaklıkla beraber NO_x' de artmalar gözlenir, bu artma olurken buna ters olarak CO emisyonlarında azalmalar görülür. HC emisyonlarında da CO emisyonlarına benzer değişmeler görülür. İyi bir yanmayla HC ve CO emisyonlarında düşmeler olurken, sıcaklığın artması ile NO_x emisyonlarında artmalar görülür. Doğal gazın

yakıt olarak kullanılması ile daha iyi bir yanma ve yanma sonu sıcaklıklarında azalma sağlanır. Bu da CO , HC ve NO_x emisyonlarında azalma olacağını göstermektedir.

2.4. Doğal Gaz (CNG) Yakıt Sistemlerinin Bakım ve Ayarları

Karbüratörlü araçta CNG yakıt sisteminde ateşleme avans ayarı, CNG rölanti ve yüksek hız karışım ayarı ve gaz kaçağı gibi ayar ve kontrol yapılmaktadır. Benzin ile CNG yanma hızı farklı olduğu için ateşleme avans ayarının yakıt değiştiği zaman değişmesi gerekmektedir. Uygulamada ateşleme avans ayarı CNG yakıt sistemine göre yapılmaktadır.

Enjeksiyonlu CNG yakıt sisteminde karışım ayarının yapılmasına gerek yoktur. Motor çalışma esnasında CNG elektronik kontrol ünitesinden aldığı veriler ve bünyesinde bulunan sensörler vasıtası ile karışım oranını ayarlamaktadır. Enjeksiyonlu yakıt sistemi diagnostik test cihazı ile kontrol edilerek sistemde meydana gelen arızalar tespit edilebilir. Motorun benzin enjeksiyonunda bir arıza meydana gelirse CNG yakıt sistemi de bundan etkilenmektedir. Karbüratörlü ve enjeksiyonlu CNG yakıt sistemlerinde gaz kaçağı kontrolü yapılmalıdır.

Bütün bakımları yapılan motorun CNG yakıt sistemi ayar ve kontrolü yapılır. Gaz ayarı yapılırken egzoz gazının CO, CO_2, HC ve AFR (hava yakıt oranı) kontrol edilir.

2.4.1. Ayar Cihazının Motora Bağlanması

Doğal gaz yakıt sisteminde kullanılan kitlerin markasına göre diagnostik test cihazı değişiklik gösterebilir. Bu farklılıktan dolayı her sisteme uyum sağlayabilen ve bütün doğal gaz sistemlerini kontrol etme imkânı olan üniversal test cihazları bulunmaktadır.

Resim 2.7: LPG/Doğal enjeksiyon sisteminin test cihazı ile kontrol edilmesi

Üniversal test cihazları, doğal gaz sisteminde kullanılan ECU'nun bilgi giriş ucuna takılabilen farklı konnektör bağlantılarına sahiptir. Resim 2.7'de enjeksiyonlu bir motorun diagnostik cihazı ile kontrol edilmesi gösterilmektedir.

Test cihazı CNG ECU'suna takılmak sureti ile sistemin genel çalışması kontrol edilebilir. Test cihazı ile CNG sisteminde şu verileri kontrol edebiliriz.

- Motorun devri
- CNG regülatördeki sıcaklığı
- CNG yakıt rampasındaki basıncı
- CNG enjektörlerinin açılma süresi
- Benzin enjektörlerinin açılma süresi

Test cihazı ile sistemde bulunan sensörler ve enjektörlerin çalışması kontrol edilir. Sistemde meydana gelen arızalar buradan görülebilir. Arızalı parçanın yenisi ile değiştirilmesi ile arıza giderilebilir.

2.4.2. Ayarın Yapılması

Enjeksiyonlu sistemlerde gaz ayarı yapılmamaktadır. Sistem çalışma esnasında kendi gaz miktarını yol ve yük şartlarına göre otomatik ayarlamaktadır. Enjeksiyonlu CNG sistemlerinde CNG ile motorun çalışması için ayar yapılmaktadır. Sistemde her hangi bir ayar yapılmasa da sistem kendini ilk çalıştırma işleminde otomatik olarak fabrika ayarlarına göre çalıştırır. CNG sisteminde genellikle benzin ve CNG geçiş ayarı yapılmaktadır. Geçiş ayarı her markada farklılık gösterebilir.

CNG sisteminde motoru ilk çalıştırma esnasında geçiş ayarı genelde şu iki senaryo üzerine kurulur.

- Motorun soğuk olması durumunda CNG sistemine geçiş, aşağıdaki şartların gerçekleşmesi durumunda geçilir.
  - Motorun çalışmasından en az 60 saniye sonra,
  - Motor soğutma suyu sıcaklığının 40 dereceye ulaşması durumunda,
  - Motor devrinin 2000 dev/dk ulaşması durumunda.
- Motorun sıcak olması durumunda CNG sistemine geçiş aşağıdaki şartların gerçekleşmesi durumunda geçilir.
  - Motorun çalışmasından 10 saniye sonra,
  - Motor sıcaklığının 40 derece veya üzerinde olması durumunda,
  - Motor devrinin 2000 dev/dk ulaşması durumunda.

Test cihazı CNG ECU'suna bağlanır ve motor çalıştırılır. Test cihazında motorun ilk çalıştırma verileri değiştirilebilir. Yukarıda bahsedilen geçiş senaryolarına ve aracı kullandığımız mevsim şartlarına göre ayarları değiştirilebilir.

Örnek olarak bir motorun ilk çalıştırılması şu şekilde olmaktadır. Aracı ilk çalıştırma esnasında motor soğuk iken önce araç 60 sn benzin ile çalışmaktadır. Bu sürenin sonunda eğer motor soğutma suyu 40 dereceye ulaşmışsa yakıt seçim anahtarındaki kırmızı LED sarıya dönecektir. Yakıt seçme anahtarında bulunan LED sarı iken motoru 2000 devir/dakikanın üzerine çıkar ve gazdan ayak çekilirse yakıt seçme anahtarı üzerinde bulunan LED yeşile döner ve motor doğal gaza geçmiş olur.

CNG enjeksiyonlu sistemlerde bu sistem geçiş ayarları mevsimlere göre farklılık arz edebilir. Yakıt sisteminde diğer ayarlar ile motorun buji, hava filtresi, yağ ve yağ filtresi gibi parçaların kontrol ve değişimi yapılabilir. Enjeksiyonlu motorlarda ateşleme avansı ECU kendisi otomatik olarak yaptığı için sistemde avans ayarı yapmaya ihtiyaç yoktur.

2.4.3. Emniyet kuralları

- Basınçlı doğal gaz tüplerinin, dolum tabancasının ve ayrıca depolama tanklarının vanaları kapatılmalıdır.
- Elektrik tesisatının ana şalteri kapatılmalıdır.
- Tehlike bölgesi tecrit edilmelidir. İlgisi olmayan kişiler tehlike bölgesinde çıkarılmalıdır.
- Gaz kaçağı durumunda, sorumlu birimler anında haberdar edilmeli ve gerekli onarım çalışmaları başlatılmalıdır.
- Tüm atölye alanı iyice havalandırılmalıdır.
- CNG'li araçlarda tamir işlerinin yapılması için özel uzmanlar ve uzman kontrolörler çalışmalıdır.

UYGULAMA FAALİYETİ

Doğal gazlı (CNG) yakıt sisteminin ayarlarını yapınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
➢ Doğal gazlı yakıt sistemi kullanılan aracı müşteri kabul bölümüne alınız.	➢ Emniyet ve güvenlik tedbirlerini alınız. ➢ Mümkünse çalışılacak bölgeyi emniyet şeridi ile ayırınız. ➢ Yangına karşı emniyet tedbirlerini alınız. ➢ Aracın yakıt sisteminin özelliklerini belirleyerek bakım onarımda kullanılacak alet ve donanımları hazırlayınız. ➢ Kullanılacak yedek parçayı temin ediniz. ➢ Yedek parçaların ECE R ve TSE standartlarına uygun olmasına dikkat ediniz. ➢ Müşteriye yapılacak işlemler hakkında bilgi veriniz.
➢ CNG yakıt tankının kontrollerini ve onarımını yapınız. 	➢ Tüp seti kapamasının durumunu kontrol ediniz. ➢ Gaz tüplerinin durumunu kontrol ediniz ➢ Yakıt tankının hasarını tespit ediniz. ➢ Emniyet tedbirlerini alarak sistem gazını boşaltınız. ➢ Kataloglara uygun olarak CNG tankını araç üzerinden sökünüz. ➢ Çentiğin boyutlarını tespit ediniz. ➢ Çentik derinlik ölçümü yapılamayacak kadar inceyse, derinliği tespit etmek için gerekirse kenarları zımparalayarak açınız. ➢ Saf reçine tabakasının zımparalanması sonucunda ortaya çıkan aşınmış bölge beyazdır. ➢ Laminat tabakasının nerede başladığını, aşınmış bölgenin grimsi renginden anlarsınız. Hasarın derinliği buradan itibaren ölçünüz. ➢ Tankın hasar değerlerini onarıma uygunluğunu kontrol ediniz. ➢ Tüpün yüzeyini onarıma hazırlamak için onarılacak alanın tamamını zımparalayınız. ➢ Yüzeyi zımparaladıktan sonra temizlik maddesi veya çözücü ve bir bezle temizleyin ve yağdan arındırınız ve sonra hemen temiz ve kuru bir bezle siliniz. ➢ Oda sıcaklığında sertleşen epoksi reçine karışımını üreticinin talimatlarına göre

	hazırlayınız ve sonra biraz boyarmadde veya boya macunuyla siyaha boyayınız. ➢ Reçine karışımını tüpün yüzeyindeki zımparalanan kısma ince bir tabaka halinde sürünüz. ➢ Onarımı tamamlanmış tüpü montaj kurallarına uygun olarak montajını yapınız. ➢ Sisteme gaz dolumu yapınız. ➢ Tankların gergi durumunu kontrol ediniz. ➢ Poyra yaylarının gerginliğini kontrol ediniz. ➢ Çerçeve kaynak noktalarını kontrol ediniz.
➢ Doğal gaz sisteminin göz ve cihaz ile sızdırmazlık kontrolünü yapınız.	➢ Borulama durumunu ve sızdırmazlığını kontrol ediniz ➢ Hortum bağlantısı ve bükümlerini yenileyiniz ➢ Alçak basınç sisteminin durumunu ve sızdırmazlığını kontrol ediniz. ➢ Yüksek basınç filtresi yedeğini yenileyiniz. ➢ Basınç sensörü / basınçölçerin çalışma durumunu kontrol ediniz
➢ Hava filtresi, buji vb. parçaları kontrol ederek yenisi ile değiştiriniz.	➢ Motorun yağlaması: Yağı değiştiriniz, Yedek yağ filtresini yenileyiniz. ➢ Bujileri değiştiriniz. ➢ Hava filtresini değiştiriniz. ➢ Motor özelliğine göre ateşleme ve yakıt sisteminin elemanlarını kontrol ederek gerekli görülen elemanları değiştiriniz.
➢ Motorun son kontrollerini yapınız.	➢ Aracı doğal gazda çalıştırınız. ➢ Uygun diagnostik cihazla motorun ve CNG sisteminin kontrollerini ve ayarını yapınız. ➢ Gaz analiz cihazı ile egzoz gazının analizini yapınız. ➢ Karbüratörlü araç ise dogal gaz ile çalışan motorun rölanti ayarını ve maksimum gaz ayarını yapınız.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyarak doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Araç motoru CNG'de kesiklik yapıyorsa muhtemel arıza aşağıdakilerden hangisi olamaz?
A) CNG elektro valfleri arızalıdır.
B) Regülatör arızalıdır.
C) Buji veya buji kabloları ömrünü tamamlamış olabilir.
D) Gaz filtresi tıkalı olabilir.
E) Avans ayarı bozuktur.

2. Regülatörün radyatörden daha yükseğe montajının yapılması nasıl bir arıza oluşmasına neden olur?
A) CNG'de yakıt sarfiyatı artar.
B) Araç geç çalışır.
C) Araç rölantide çalışmaz.
D) Araç CNG'de koku yapar.
E) Motor çalışmaz stop eder.

3. Test cihazı ile CNG sisteminde hangi verinin kontrolü yapılamaz?
A) Motorun devrinin
B) CNG regülatördeki sıcaklığın
C) CNG yakıt rampasındaki basıncın
D) Enjektörlerinin açılma süresinin
E) Ortalama yakıt tüketiminin

4. Aşağıdakilerden hangisi CNG tankı hasarlarından birisi değildir?
A) Darbe hasarı
B) Kesme hasarı
C) Aşınma hasarı
D) Ateşe ve aşırı sıcaklığa bağlı hasar
E) Kimyasal aşınma

5. Enjeksiyonlu CNG sistemlerinde CNG ile motorun çalışması için hangi ayarın yapılması gerekir?
A) Rölanti ayarı
B) Benzin ve CNG geçiş ayarı
C) Avans ayarı
D) Püskürtme zaman ayarı
E) Maksimum yakıt ayarı

Aşağıda boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise D, yanlış ise Y yazınız.

6. ( ) CNG'li araçlarda tamir işlerinin yapılması için özel uzmanlar ve uzman kontrolörler çalışmalıdır.
7. ( ) Enjeksiyonlu CNG yakıt sistemlerinde gaz ayarı yapılmaktadır.
8. ( ) Karbüratörlü araçta CNG yakıt sisteminde ateşleme avans ayarı, CNG rölanti ve yüksek hız karışım ayarı ve gaz kaçağı gibi ayar ve kontrol yapılmaktadır.
9. ( ) CNG sızdırmazlık denetim ve kontrollerini her montaj yapan atölyede yapabilir ve resmi belgelerini hazırlayabilir.
10. ( ) Doğal gazın ağır vasıtalarda kullanımı, dizel motorların iyi bilinen problemlerinden biri olan NO_x'lerde %67'ye kadar azalma sağlamaktadır.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise "Modül Değerlendirme "ye geçiniz.

MODÜL DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyarak doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Aşağıdakilerden hangisi LNG'nin anlamıdır?
A) Likit petrol gazı
B) Doğal gaz
C) Sıkıştırılmış doğal gaz
D) Sıvılaştırılmış doğal gaz
E) Tüp gaz

2. Doğal gazın kaç bar sıkıştırılması ile motorlu araçlarda kullanılan CNG elde edilir?
A) 50-100 bar
B) 100-150 bar
C) 150-200 bar
D) 200-250 bar
E) 300-400 bar

3. Aşağıdakilerden hangisi araçlarda yüksek basınçta depolanan doğal gazın basıncının düşürülmesini sağlayan CNG yakıt sistemi elemanıdır?
A) CNG regülatörü
B) CNG multi valfi
C) CNG sensörü
D) CNG elektro valfi
E) CNG enjektörü

4. Aşağıdakilerden hangisi çok nokta enjeksiyon sistemli araçlarda kullanılan CNG yakıt sistemi elemanlarından birisi değildir?
A) Yüksek basınç sensörü
B) CNG regülatörü
C) Multivalf
D) CNG enjektörleri
E) CNG mikseri

5. Aşağıdakilerden hangisi tüplerin üzerinde bulunan multi valfin parçalardan birisi değildir?
A) Manuel valf
B) Selenoid valf
C) Aşırı akım valfi
D) TPRD termik emniyet valfi
E) Basınç sensörü

6. Aşağıdakilerden hangisi doğal gazın avantajlarından birisi değildir?
A) Motorun yağlaması için kullanılan yağın ömrü yaklaşık üç kat uzun olur.
B) Ateşleme bujisinin ömrü uzun olur.
C) NO_x emisyon problemleri oluşmaz.
D) Egzoz emisyonları açısından daha çevrecidir.
E) Fiyatı ucuzdur.

7. Depo içerisinde bulunan gazın emniyeti hangi CNG elemanı tarafından sağlanmaktadır?
A) Multi valf
B) Selenoid valf
C) Manuel valf
D) Çek valf
E) Sensör

8. CNG yakıt sistemi hangi tip araçlara montajı yapılmaz?
A) Benzin motorlu araçlara
B) Dizel motorlu araçlara
C) Benzinli direkt püskürtme sistemli araçlara
D) Elektrikli araçlara
E) Karbüratörlü araçlara

9. Çift yakıtlı dizel motorlarda CNG kullanımında karışımın tutuşturulması nasıl sağlanır?
A) Buji kıvılcımı ile
B) Bobin ile
C) Kızdırma bujisi ile
D) Pilot yakıt püskürtülerek
E) Distribütör ile

10. Doğal gazla çalışan motorlarda sıkıştırma oranı yaklaşık kaç olması gerekir?
A) 18:1
B) 9:1
C) 12:1
D) 22:1
E) 30:1

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki modüle geçmek için öğretmeninize başvurunuz.

CEVAP ANAHTARLARI

ÖĞRENME FAALİYETİ-1'İN CEVAP ANAHTARI

1	**C**
2	**B**
3	**A**
4	**D**
5	**C**
6	**Doğru**
7	**Doğru**
8	**Yanlış**
9	**Doğru**
10	**Yanlış**

ÖĞRENME FAALİYETİ-2'NİN CEVAP ANAHTARI

1	**E**
2	**A**
3	**E**
4	**C**
5	**B**
6	**Doğru**
7	**Yanlış**
8	**Doğru**
9	**Yanlış**
10	**Doğru**

MODÜL DEĞERLENDİRMENİN CEVAP ANAHTARI

1	**D**
2	**D**
3	**A**
4	**E**
5	**E**
6	**C**
7	**A**
8	**D**
9	**D**
10	**C**

KAYNAKÇA

- Çeşitli firma ve araç katalogları
- http://obitet.gazi.edu.tr/
- http://www.dynetek.com (20.07.2013/ 13.00)
- http://www.youtube.com (18.07.2013/ 01.00)
- http://forum.donanimhaber.com (16.07.2013/ 14.00)
- http://dizel-gaz.com/tr (11.07.2013/ 01.00)
- http://www.atiker.com.tr (12.07.2013/ 22.00)
- http://www.lovatogas.com (12.07.2013/ 23.00)
- http://www.2a-lpg.com (12.07.2013/ 00.00)